



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

VANESSA REIS COSTA

**EXPLORANDO O POTENCIAL DAS PLATAFORMAS DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA**

SÃO CRISTÓVÃO

2023.2



Vanessa Reis Costa

**EXPLORANDO O POTENCIAL DAS PLATAFORMAS DE INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao
Departamento de Biologia, da Universidade Federal
de Sergipe, como requisito obrigatório para a
conclusão do Curso em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Dr^a Elizamar Ciriaco da Silva

SÃO CRISTÓVÃO

2023.2

Dedico este trabalho aos que me ensinaram a voar, aos que acreditaram nas minhas asas e aos que me acompanharam nessa jornada, tornando esta experiência inesquecível!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ser a minha constante fonte de fortalecimento e esperança, capacitando-me a alcançar meus sonhos. Sua infinita sabedoria e amor me guiaram ao longo desta jornada e me deram a força necessária para superar os desafios.

Reconheço também a minha própria resiliência e perseverança, que foram fundamentais para que eu nunca desistisse diante das dificuldades. A persistência e a determinação em alcançar meus objetivos me impulsionaram a seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Expresso minha profunda gratidão à minha mãe, Vanusia Santos Reis, uma mulher guerreira que me ensinou o verdadeiro significado da força e da gratidão. Seus ensinamentos e exemplos foram pilares fundamentais na minha formação como pessoa e profissional.

Ao meu namorado, Anderson Henrique, agradeço sinceramente por sua paciência, apoio e compreensão nos momentos mais difíceis. Sua presença constante e seu amor incondicional me proporcionaram o conforto e a segurança que eu precisava para seguir em frente.

Agradeço também aos meus amigos que estiveram ao meu lado ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. Sua amizade, apoio e incentivo foram essenciais para que eu me mantivesse motivada e dedicada aos meus estudos.

Destaco um agradecimento especial às duas mulheres que tiveram um papel de extrema importância para minha trajetória: Airla Maciele, minha professora de português do ensino médio, que plantou a semente da sede pelo saber que me guiou até a Universidade Federal de Sergipe (UFS), e a minha orientadora, Elizamar Ciriaco por sua orientação dedicada e carinhosa, que desempenhou um papel fundamental no sucesso deste percurso acadêmico. Sua sabedoria me guiou na construção deste trabalho e me proporcionou um aprendizado inestimável.

Sem a presença e o apoio de cada um de vocês, nada disso seria possível. Vocês foram peças fundamentais na minha jornada e cada letra deste trabalho carrega um pouco da sua contribuição. Agradeço de todo o meu coração por tudo que fizeram por mim.

“A educação é o ponto de partida para a transformação do mundo.”

- Paulo Freire

Resumo

Devido ao avanço significativo da Inteligência Artificial (IA) em diversas esferas, incluindo a educacional, surge a necessidade de destacar a discrepância na transmissão de informações entre a "geração Z" e os docentes veteranos, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de habilidades e planejamento para a eficaz incorporação dessa tecnologia no ensino e aprendizagem. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo verificar o potencial das plataformas de Inteligência Artificial para utilização no Ensino de Ciências e Biologia pelos docentes. Foi realizada uma revisão sistemática utilizando análise descritiva, de cunho quantitativo, por meio da plataforma "Google Scholar", contendo as seguintes palavras-chave: "inteligência artificial", "educação básica", "ensino de ciências" e "ensino de biologia", e suas combinações, em seus títulos, resumos ou corpo do texto. A partir da seleção com critérios de inclusão e exclusão, dos 23 trabalhos selecionados (6 artigos, 1 tese, 10 dissertações e 6 monografias), as plataformas foram posteriormente categorizadas em Ambiente de Ensino e Aprendizagem Virtual (AVEA), gamificação (GAME), realidade virtual e aumentada (AR), reconhecimento de fala e linguagem natural (LN), predição e recombinação (PR), Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e aprendizado adaptativo (AA). Cada categoria passou por critérios de avaliação, incluindo recursos necessários, usabilidade, limitações, acessibilidade digital e gratuidade. Foram encontradas 40 plataformas que utilizam IA nos trabalhos selecionados, abrangendo diversas categorias, destacando 25% para AVEA, 18% para GAME, AR, LN e PR, totalizando 15% por categoria, enquanto STI e AA obtiveram apenas 5% das plataformas mencionadas. Os educadores podem personalizar o ensino de acordo com as necessidades dos alunos e monitorar o progresso de aprendizagem individualmente, bem como promover o engajamento por meio de plataformas adaptativas, jogos educativos e realidade virtual criando um ambiente imersivo e personalizado. Conclui-se que a Inteligência Artificial na Educação (IAED) surge como aliada na inclusão escolar, através da personalização do aprendizado e recursos de acessibilidade digital. A IAED garante que todos os alunos tenham as mesmas oportunidades e que suas necessidades sejam consideradas. Dessa forma, os docentes ganham tempo para interação, enquanto os alunos tornam-se mais participativos e motivados com jogos e recursos interativos. Apesar do alto custo de algumas plataformas, a IAED apresenta-se como uma jornada rumo a uma educação mais efetiva e acessível.

Palavras-chave: Educação Básica, Recursos digitais para o ensino, Acessibilidade digital.

Abstract

Due to the significant advancement of Artificial Intelligence (AI) in several spheres, including education, there is a need to highlight the discrepancy in the transmission of information between "generation Z" and veteran teachers, highlighting the need to develop skills and planning for the effective incorporation of this technology in teaching and learning. Given this scenario, this work aims to verify the potential of Artificial Intelligence platforms for use in Science and Biology Teaching by teachers. A systematic review was carried out using descriptive analysis, of a quantitative and qualitative nature, through the "Google Scholar" platform, containing the following keywords: "artificial intelligence", "basic education", "science teaching" and "teaching biology", and their combinations, in their titles, abstracts or body of the text. From the selection with inclusion and exclusion criteria, of the 23 selected works (6 articles, 1 thesis, 10 dissertations and 6 monographs), the platforms were subsequently categorized into Virtual Teaching and Learning Environment (AVEA), gamification (GAME), virtual and augmented reality (AR), speech and natural language recognition (LN), prediction and recombination (PR), Intelligent Tutoring Systems (ITS) and adaptive learning (AA). Each category went through evaluation criteria, including necessary resources, usability, limitations, digital accessibility and free of charge. 40 platforms were found that use AI in the selected works, covering several categories, highlighting 25% for AVEA, 18% for GAME, AR, LN and PR, totaling 15% per category, while STI and AA obtained only 5% of the platforms mentioned. Educators can personalize teaching according to students' needs and monitor learning progress individually, as well as promote engagement through adaptive platforms, educational games and virtual reality creating an immersive and personalized environment. It is concluded that Artificial Intelligence in Education (IAED) appears as an ally in school inclusion, through the personalization of learning and digital accessibility resources. IAED ensures that all students have the same opportunities and that their needs are considered. This way, teachers gain time for interaction, while students become more participative and motivated with games and interactive resources. Despite the high cost of some platforms, IAED presents itself as a journey towards more effective and accessible education.

Keywords: Basic Education, Digital resources for teaching, Digital accessibility.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Plataformas que utilizam o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).....	25
Quadro 2: Plataformas que utilizam a gamificação produzida por IA, identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).** A complexidade foi considerada pela necessidade de conhecimento básico a intermediário de programação	36
Quadro 3: Plataformas que utilizam a Realidade Virtual e Aumentada (RA) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).	43
Quadro 4: Plataformas que utilizam o reconhecimento de fala e linguagem natural (RL) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).....	49
Quadro 5: Plataformas que utilizam modelos de predição e recomendação (PR) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.)	58
Quadro 6: Plataformas que utilizam Sistemas Tutores Inteligentes (STI) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).	61
Quadro 7: Plataformas que utilizam o aprendizado adaptativo (AA) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre áreas da IAED com as técnicas da IA.....	18
Figura 2: Fluxograma procedimental para a seleção dos dados.....	22
Figura 3: Produções por região do Brasil (A) e ao longo dos anos (B) de trabalhos que citam a utilização de plataformas de inteligência artificial no Ensino de Ciências e Biologia.	24
Figura 4: Quantificação das plataformas mencionadas nos trabalhos avaliados. *Legenda: AA: aprendizado adaptativo; STI: Sistema de Tutores Inteligentes; PR: predição e recomendação; LN: reconhecimento da fala e linguagem natural; RA: realidade virtual e aumentada; GAME: gamificação e AVEA: Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem.....	25
Figura 5: Visão geral do painel do professor.....	29
Figura 6: Intérprete virtual de LIBRAS.	30
Figura 7: Visão geral do painel de controle do gerenciador.	31
Figura 8: Laboratório virtual de taxa fotossintética.	32
Figura 9: Visão geral da simulação “seleção natural” no PhET Corolado.	33
Figura 10:: Visão geral da relação dos perfis, permissões e as funcionalidades. *Legenda: o X indica ação permitida.....	34
Figura 11: Visão geral do momento da criação do site no Wix.	35
Figura 12: Visão geral das categorias de contas disponíveis.....	39
Figura 13: Comando de entrada para a IA (A) e a produção do jogo feita pela IA (B)	40
Figura 14: Visão geral da relação dos personagens com os animais reais.	41
Figura 15: Visão geral do microscópio remoto-RELLE.	46
Figura 16: Visão geral do acervo 3D disponíveis na área de biologia.	47
Figura 17: Pessoas utilizando Iris+ no Museu do Amanhã-RJ.....	51
Figura 18: Visão geral da interface do ChatGPT na versão 3.5.	52
Figura 19: Visão geral da interface do ChatPDF.....	53
Figura 20: Visão geral da interface do Perplexity.AI.	54
Figura 21: Visão geral do total voice.....	55
Figura 22: Esquematização do Mecanismo de funcionamento do Chatbot.	56
Figura 23: Visão geral do curso de biologia do Ensino Médio, no Khan Academy.....	59
Figura 24: Páginas de registro (A) e cadastro de usuário na categoria professor (B).	62
Figura 25: Visão geral do painel na área aluno.	64
Figura 26: Arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente.....	65
Figura 27: Páginas de registro (A) e cadastro de usuário na categoria instrutor (B).	67
Figura 28: Tela com feedback de erro.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
AA	Aprendizagem adaptativa
AI/IA	Inteligência artificial
ATP	Adenosina trifosfato
AVEA	Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BOT	Robô
CC	Legendas ocultas
CHAT	Bate-papo
CHATGPT	Generative Pre-Trained Transformer
CIEB	Centro de Inovação para a Educação Brasileira
COVID	Doença do coronavírus
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EAD	Ensino a distância
GAME	Gamificação
GO-LAB	Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School
GT-MRE	Grupo de trabalho em experimentação remota
HTML5	Hypertext Markup Language de 5ª Geração
IAED	Inteligência artificial na educação
IBM	International Business Machines Corporation
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
IOS	Sistema operacional da Apple
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
LN	Reconhecimento de fala e/ou linguagem natural)
MOODLE	Ambiente de Aprendizagem Dinâmico Modular Orientado a Objeto
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	Objetivos de desenvolvimento sustentável
PC	Pensamento computacional
PCD	Pessoas com deficiência
PhET	Physics Education Technology Project
PNE	Plano Nacional da Educação

PNL	Processo da linguagem natural
PR	Predição e recomendação
RA	Realidade aumentada
RAM	Memória de acesso aleatório
RExLab	Laboratório de Experimentação Remota da UFSC
RL	Reconhecimento de fala e linguagem natural
RNA	Ácido ribonucleico
RV	Realidade virtual
SDK	Kit de Desenvolvimento de Software
SEB	Secretaria de Educação Básica
STEM	Ciência, tecnologia, engenharia e matemática
STI	Sistemas Tutores Inteligentes
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
WIKI	Páginas editáveis na web

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. PROBLEMÁTICA:	15
3. JUSTIFICATIVA	15
4. OBJETIVO GERAL:	16
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5. REFERENCIAL TEÓRICO	16
5.1 Inteligência Artificial (IA).....	16
5.2 Relação da IA na educação.....	17
5.3 Inclusão, TDIC e a acessibilidade digital.....	19
5.4 Desafios enfrentados pelos docentes	20
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
7. RESULTADOS	23
7.1 Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem (AVEA).....	25
7.2 Gamificação (GAME)	36
7.3 Realidade virtual e aumentada (RA).....	42
7.4 Reconhecimento de Fala e/ou Linguagem Natural (LN)	49
7.5 Predição e recomendação (PR).....	57
7.6 Sistemas Tutores Inteligentes (STI).....	61
7.7 Aprendizado adaptativo (AA).....	66
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. INTRODUÇÃO

A Revolução Técnico-Científica-Informacional, comumente conhecida como a Terceira Revolução Industrial, se caracterizou com a inserção da tecnologia no campo científico, impulsionando, conseqüentemente, novos avanços na ciência e na tecnologia (Coutinho, 1992; Mercado, 1999; Paulo, 2020). Com a chegada do século XXI, foi possível observar o aumento exponencial do uso da tecnologia em diversas esferas sociais, incluindo a esfera educacional, contribuindo significativamente na oferta da educação e no processo ensino e aprendizagem (Figliuzzi, 2018; Ahadi; Singh; Bower e Garrett, 2022; Alam, 2022).

No entanto, o impacto tecnológico transcende as fronteiras do ensino tradicional, trazendo consigo novas abordagens educacionais, alinhadas as mudanças no currículo da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), onde destaca-se o conceito de Pensamento Computacional (PC), considerada uma habilidade essencial para todos, como ler e escrever (Wing, 2006; Brasil, 2018), favorecendo o desenvolvimento nas competências do século atual, como a utilização de informação, investigação, criatividade e pesquisa (Inep, 2019; OCDE, 2020).

No contexto da pandemia de COVID-19, medidas como o isolamento social foram decretadas para conter a propagação do vírus, resultando em vários estabelecimentos fechados, incluindo as escolas (Brasil, 2020). Considerando este momento pandêmico, ressaltou-se a necessidade do uso de plataformas tecnológicas no processo educacional, como aplicativos e Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), voltadas para a educação (De Souza, 2022; Salvador e Matias, 2022).

Ademais, vários recursos foram mobilizados para facilitar a transição para o ensino a distância (EAD), que foram concebidos e aprimorados com base nas inovações fornecidas pela Inteligência Artificial, comumente referida pela sigla IA ou AI (no inglês, *artificial intelligence*) (De Souza, 2022).

A partir do retorno das aulas em 2022, o formato das aulas presenciais do ensino básico sofreu adaptações, assim como a continuidade do uso da tecnologia, repercutindo na dinamicidade dentro e fora da sala de aula (Machado et al., 2022; Silva et al., 2023).

A aplicação da Inteligência Artificial na educação (no inglês, *Artificial Intelligence in Education* - IAED) é multidisciplinar, diante da relação do uso dessas tecnologias voltadas para diferentes formas no processo de ensino e aprendizagem (Vicari, 2018), como também reflete em questões pedagógicas, de estruturas organizacionais, acessibilidade, sustentabilidade e

equidade, contribuindo para o cumprimento de alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (UNESCO, 2021).

A sistematização da IAED tem como objetivo a implementação de novas estratégias pedagógicas que proporcione benefícios relevantes, levando em consideração as particularidades individuais (CIEB, 2019). Nessa mesma nota técnica é destacado os estímulos motivacionais adequados, com intuito de ser construído, pelo estudante, o conhecimento próprio, com base nos conhecimentos prévios, habilidades e características pessoais.

Essa influência tecnológica, por sua vez, intensifica os desafios dos docentes em se familiarizarem com a cibercultura e se adaptarem e aprimorarem as habilidades necessárias para o uso dessas plataformas, como a adaptabilidade, habilidade para aprender, criatividade e inovação (Costa et al, 2022; Salvador e Matias, 2022).

Tendo em vista que de formação regular dos professores, ao longo dos anos, não foi efetivo para a integração das tecnologias nas práticas pedagógicas, devido à ausência na grade curricular docente, evidenciando a carência na formação computacional dos docentes. (Machado et al., 2022). Também é válido salientar que as condições de infraestrutura e o contexto socioeconômico da escola e da comunidade escolar contribuem para a complexidade desses desafios (Costa et al, 2022; Salvador e Matias, 2022).

Dessa forma, essa abordagem revela-se fundamental na contribuição para o desenvolvimento científico e tecnológico, como também, destaca a importância do aprofundamento dos docentes sobre as potencialidades que a IAED oferece à comunidade escolar, garantindo o uso ético, transparente e privativo dos dados e algoritmos (Unesco, 2019). Diante disso, esse trabalho visa fornecer às indicações de usos eficazes dessas tecnologias para os docentes, alinhando-se aos desafios da educação contemporânea.

Minha motivação em escrever sobre esse tema surgiu durante minha atuação no Programa Residência Pedagógica (RP), especificamente no momento de imersão à docência. Nesse contexto, percebi a necessidade de implementar um método de ensino personalizado, que pudesse abranger a totalidade da turma de forma equitativa, visando o acompanhamento dos diferentes níveis de aprendizagem. Diante dessa constatação, busquei incorporar as plataformas que utilizam inteligência artificial para auxiliar nesse processo, como também na otimização de tarefas e materiais pedagógicos, conseqüente na eficiência do tempo. Entretanto, é pertinente salientar a lacuna da formação docente, sobretudo no que se refere às TDIC, evidenciando um desafio pertinente e contemporâneo.

2. PROBLEMÁTICA:

A inteligência artificial (IA) é uma nova interface tecnológica no campo da ciência da computação, voltada para o desenvolvimento de programação e algoritmo, com o intuito de reproduzir o comportamento humano na tomada de decisões à execução de tarefas (Russel et al., 2004; Braga et al 2018).

Esse tipo de tecnologia vem se aprimorando rapidamente, ao longo do tempo, entretanto, o repasse do conhecimento dessas tecnologias é lento e menos acessível à educadores veteranos que estão, há muito tempo, no mercado de trabalho e não utilizam a tecnologia, como a inteligência artificial, como uma possível ferramenta metodológica, além da insuficiência ou inexistência de internet nas escolas (Mousquer et al., 2021; Silva et al., 2021).

No entanto, a nova geração ou “geração Z”, está integrada nessa nova era tecnológica, desde muito jovem, ao utilizarem aparelhos de comunicação como computador/notebook e celulares para a utilização de jogos e aplicativos voltados para essa sistematização, formando um perfil de alunos que utilizam essas plataformas, tanto para terem informações rápidas e auxiliar na aprendizagem ou mesmo para tentar burlar o sistema educacional e, conseqüentemente, seu próprio conhecimento (Turbot, 2017; Mousquer et al., 2021).

Diante disso, nos perguntamos qual o potencial da IA na prática docente no ensino de Ciências e Biologia?

3. JUSTIFICATIVA

A tecnologia está presente em todas as áreas do conhecimento, servindo de ferramenta para estimular a criatividade, o raciocínio lógico e a colaboração, como também estimular a capacidade e produção de pesquisa. Sendo assim, as plataformas que utilizam a IA, ao serem utilizadas de modo auxiliar, gera acesso à informação e o desenvolvimento de habilidades importantes para o cenário educacional contemporâneo (Turbot, 2017; Gomes et al., 2023).

Dessa forma, essas plataformas podem ser aliadas dos docentes na elaboração de planejamento individual e direcionado aos alunos, possibilitando melhor gestão do tempo com maior demanda para atividades pedagógicas sistematizadas e aprimoramento da aprendizagem adaptativa, além de contribuir na dinamicidade e interatividade que as plataformas podem trazer para as aulas (Costa et al., 2019; Sunaga, 2023).

Sendo assim, torna-se essencial identificar as múltiplas potencialidades que as plataformas de IA oferecem, de modo a auxiliar na prática docente, principalmente para desmistificar a concepção equivocada de que muitas dessas plataformas são utilizadas, exclusivamente, na perspectiva objetivista, contribuindo na visão errônea de que a máquina irá realizar as tarefas e trabalhos escolares indicados pelos docentes, até ocupar o lugar deles.

Portanto, para aproveitar ao máximo os instrumentos que auxiliem os docentes de forma eficiente, faz-se necessário a familiarização e a compreensão de como utilizar as plataformas de IA e integrá-las de forma significativa nas práticas pedagógicas, dentro e fora da sala de aula, tornando-se indispensável o aprimoramento de novas habilidades, conhecimentos e planejamento em favor de um ensino e aprendizagem significativo (Semensato et al., 2015; Costa et al., 2019)

4. OBJETIVO GERAL:

Analisar o potencial das plataformas de inteligência artificial para o Ensino de Ciências e Biologia na prática docente.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os recursos oferecidos pelas plataformas de IA para utilização pelos docentes no Ensino de Ciências e Biologia.
- Sugerir formas de utilização destas plataformas para melhoria do planejamento e o Ensino de Ciências e Biologia.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Inteligência Artificial (IA)

O termo “Inteligência Artificial” teve sua primeira aparição no meio acadêmico em 1956, quando John M. Carthy, no Projeto de Pesquisa de Verão de Dartmouth, nos Estados Unidos (EUA), o definiu como a ciência e engenharia que produziria sistemas inteligentes (Kaufman, 2019). Geiger (2018), por sua vez, apresenta uma definição holística, concebendo a IA como a ciência e engenharia voltada para a criação de máquinas que desempenham funções análogas exercidas pelo cérebro.

Braga et al (2018) consideram a IA como um campo da ciência da computação que imita os processos de pensamento humano, a capacidade de aprendizagem e o armazenamento de conhecimento, dando ênfase na utilização dessa ferramenta na análise de imagens e previsões. Além do que, IBM (2020) também considera que a IA é uma máquina capaz de imitar a mente humana e possui aprendizagem contínua, a partir de exemplos e experiências, como também no reconhecimento de objetos. Em virtude disso, consegue tomar decisões e resolver problemas a partir de redes neurais.

Essa maquinaria demonstra várias habilidades, como a capacidade de realização de previsões fundamentada em probabilidade e incertezas, além de conceituar sistemas de reconhecimento de padrões, bem como sistemas preditivos e classificadores, baseados em uma análise de dados fornecidas (Mcelwee, 2019; Russel e Norving, 2020).

As diferentes definições do termo IA enfatizam a sua complexidade, pois envolvem conceitos como consciência e identidade (Santoro et al., 2020). Além disso, destacam-se os reflexos das especificidades do campo de conhecimento e as aplicações de plataformas baseadas nesse sistema (Gonsales et al., 2023). Esses fatores ampliam consideravelmente as possibilidades de aplicação em diversas áreas, mediante suas potencialidades, como a automação, predição, organização e classificação e, até mesmo, o atendimento virtual (Mcelwee, 2019; Cimm, 2020; Gonsales et al., 2023).

5.2 Relação da IA na educação

O avanço na tecnologia tem transformado o acesso à educação desde a proliferação da internet e a inserção das plataformas digitais, aliadas à disponibilidade de aplicativos, streaming e TDIC, desenvolvidos com base em IA, que desempenham papéis fundamentais nesse processo (De Souza, 2022). Esse processo de inserção das plataformas digitais contribui significativamente ao utilizar recursos que promovem a acessibilidade digital ao ensino, possibilitando maior interação nos ambientes educacionais, sejam eles presenciais ou virtuais (De Souza, 2022; Salvador e Matias, 2022; Aguiar, 2023).

Dado o impacto crescente da IA na sociedade e o seu papel de apoio no processo de ensino e aprendizagem (Aound, 2017; Arruda et al., 2019; Kaufman, 2019; Zawacky-Richter et al., 2019), a IA tem influenciado significativamente em diversos campos do conhecimento, abrangendo tanto a área da computação quanto as ciências de aprendizagem, como também a

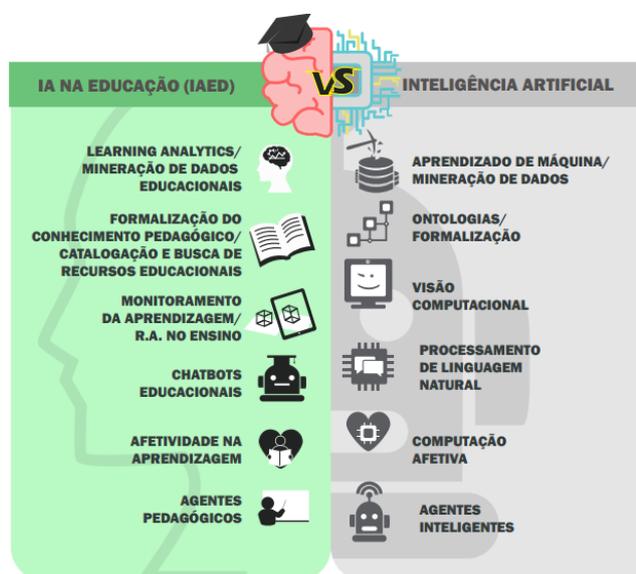
psicologia e a ciência cognitiva, reforçando a complexidade da IA e a abrangência do uso dessas plataformas (Dores et al., 2020).

De acordo com a Sociedade Internacional para Tecnologia em Educação (ISTE) (2020), o Pensamento Computacional (PC) é o processo de resolução de problemas que incluem a utilização de recursos tecnológicos auxiliares, com o intuito de conseguir variáveis possíveis para obter melhor eficiência nos resultados. Aliás, o PC permite desenvolver a criatividade e autonomia na resolução dos problemas (CIEB, 2019). Diante disso, é possível associá-la com a IA em virtude de algumas características semelhantes, como autonomia, adaptabilidade e predicação (Russel e Norvig, 2020).

Segundo a Secretaria de Educação Básica (SEB) do Ministério da Educação (Brasil, 2018 e 2019), os temas contemporâneos transversais da Ciência e Tecnologia visam integrar diferentes componentes curriculares, proporcionando a conexão com as vivências dos estudantes e enriquecendo o contexto do aprendizado. Além disso, a IA encontra-se integrada nessa macro área. Dessa forma, ressalta a importância desse assunto ser abordado frequentemente, desde a educação básica (Pimentel et al., 2018).

A IAED pode ser caracterizada como uma ferramenta que tem o intuito de auxiliar as relações do complexo ensino e aprendizagem, na coleta de dados, possibilitando a visualização de feedback, contribuindo no ensino personalizado e integral, em ambientes educacionais formais e informais (Gatti et al., 2019). A nota científica publicada pelo CIEB (2019) traz relações entre as áreas da IAED com as técnicas da IA, demonstrando algumas oportunidades que a inteligência artificial pode proporcionar à educação (Fig. 1).

Figura 1: Relação entre áreas da IAED com as técnicas da IA.



Fonte: (CIEB, 2019)

A inserção da IAED no cotidiano escolar pode contribuir significativamente na promoção da educação inclusiva, que se fundamenta na concepção de direitos humanos, buscando garantir oportunidades iguais de aprendizado e desenvolvimento para todos os alunos, com o intuito de promover a equidade (CONAE, 2010). Ela pode contribuir na meta nº 4 do Plano Nacional de Educação (PNE) (Brasil, 2008), que aborda sobre a promoção da educação inclusiva, pois possibilita o acompanhamento personalizado e adaptado para atender diversos tipos de aprendizagem.

5.3 Inclusão, TDIC e a acessibilidade digital

Desde a década de 80, a inclusão social vem sendo uma temática amplamente discutida em diversas conferências mundiais, como a Declaração de Jomtien (1990), Nova Delhi (1993), Salamanca (1994) e Dakar (2000), nas quais são discutidas a necessidade de universalizar o acesso à educação e promover a equidade social (ONU, 1990; 1993; 1994; 2000).

Rodrigues (2000) compreende que a educação inclusiva assume um papel de respeitadora das culturas, das capacidades e das possibilidades de evolução de todos os alunos, enquanto Menezes (2011, p. 29) retrata a escola inclusiva como uma questão de direitos humanos e, caso seja concretizada, consolidaria o direito universal à igualdade dos homens.

De acordo com a legislação brasileira, a Lei 10.098 de 19 de dezembro de 2000, em seu Art. 2º, conceitua a acessibilidade como a possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, incluindo as tecnologias (Brasil, 2000).

Segundo Warschauer (2006, p. 279), “o propósito real das TICs é reestruturar as comunicações e as relações humanas”. Sendo assim, desempenham um papel importante na socialização, promovendo o desenvolvimento social, afetivo e cognitivo de todos os sujeitos, particularmente PCDs, por propiciar ambiente de comunicação e construção individuais e coletivos, constituindo-se, dessa forma, em uma prática de inclusão digital (Passerino, 2005; Warschauer, 2006).

Valente (2013), e Silva e Moraes (2014) conceituam as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) como dispositivos eletrônicos que são capazes de se conectar à internet, aumentando as oportunidades de comunicação para seus usuários, como exemplo, os computadores, celulares, tablets, entre outros. A BNCC menciona as TDIC no sentido de serem utilizadas na prática docente, que possibilitem os processos de ensino e de

aprendizagem mais significativos, considerado a realidade de interconectividade dos alunos Brasil (2018).

Conforme Jaeger (2006), para um ambiente virtual ser acessível, deverá fornecer acesso igualitário ou equivalente a todos os usuários, além de ser compatível com as tecnologias de apoio para a inclusão digital, tais como narradores, ampliadores de tela e muitos outros dispositivos que as pessoas com deficiência (PCDs) precisam utilizar para navegarem no ciberespaço.

No entanto, Rondelli (2003) acredita que, para alcançar a inclusão digital, requer mais do que simplesmente estruturas físicas e digitais. Em seus "quatro passos para a inclusão digital", ela elenca etapas importantes para torna-la efetiva. O primeiro passo implica na disponibilização de computadores na rede, o segundo consiste em proporcionar oportunidades para que as habilidades aprendidas sejam aplicadas no cotidiano e no trabalho, o terceiro destaca a necessidade de políticas públicas e pesquisas que subsidiem as estratégias de inclusão digital, e o quarto enfatiza a exploração do potencial interativo da mídia digital.

5.4 Desafios enfrentados pelos docentes

A inserção da cibercultura nas escolas é essencial e deve ser cuidadosamente planejada, permitindo a oportunidade dos docentes se familiarizarem e adquirirem habilidades necessárias que não foram atribuídas na sua formação e compensar o acesso tardio as tecnologias digitais (Prensky, 2001; De Almeida et al., 2021; Machado et al., 2022). Dessa forma, eles estão no processo de assimilar toda informação e treinamento, além do desenvolvimento profissional, a fim de gerenciar e monitorar o uso, enquanto a geração que eles lecionam é completamente imersa nesse ambiente virtual. (Prensky, 2001; De Almeida et al., 2021).

Apesar das diversas contribuições, como a criação de novas formas de interação e produção (Valente, 2018), o uso da IA também envolve desafios e preocupações para a comunidade escolar, sobre a privacidade e segurança de dados dos usuários, assim como a ética no uso (Aguiar, 2023).

É necessário entender as funcionalidades e as implicações das novas mídias interativas nas relações sociais, antes de incorporá-las nas aulas (De Oliveira Favacho et al., 2021). Dado a relevância desse tema, torna-se necessário que os educadores adquiriam proficiência em tecnopedagogia e realizem um novo processo de alfabetização digital, diante da contribuição

significativa que a TDIC oferece na organização do currículo escolar e na prática pedagógica (Fuhr, 2019; De Oliveira Favacho et al., 2021).

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi realizada uma revisão sistemática, a partir de um levantamento bibliográfico sobre a utilização das plataformas que utilizam a inteligência artificial para o Ensino de Ciências e Biologia. Através da plataforma “*Google Scholar*”, por ter uma base de dados mais conhecida e acessível, usando uma análise descritiva, de cunho quanti-qualitativo, que visa abranger o máximo de informações acerca do tema, de forma pertinente e autêntica, facilitando o acesso do observador (Greenhalgh, 1997; Higgins e Green, 2008).

Foram selecionados artigos, monografias e teses disponibilizadas na plataforma “*Google Scholar*”, utilizando o operador booleano “AND” contendo as seguintes palavras-chave: “inteligência artificial” and “educação básica” and “ensino de ciências” and “ensino de biologia” e suas combinações, em seus títulos, resumos ou corpo do texto.

Realizou-se uma seleção criteriosa por meio de técnicas de pesquisa avançada na plataforma, como a aplicação de aspas para delimitar os termos desejados (Santos-Junior, 2021), bem como a definição de um período específico para os trabalhos publicados de janeiro de 2019 a dezembro de 2023.

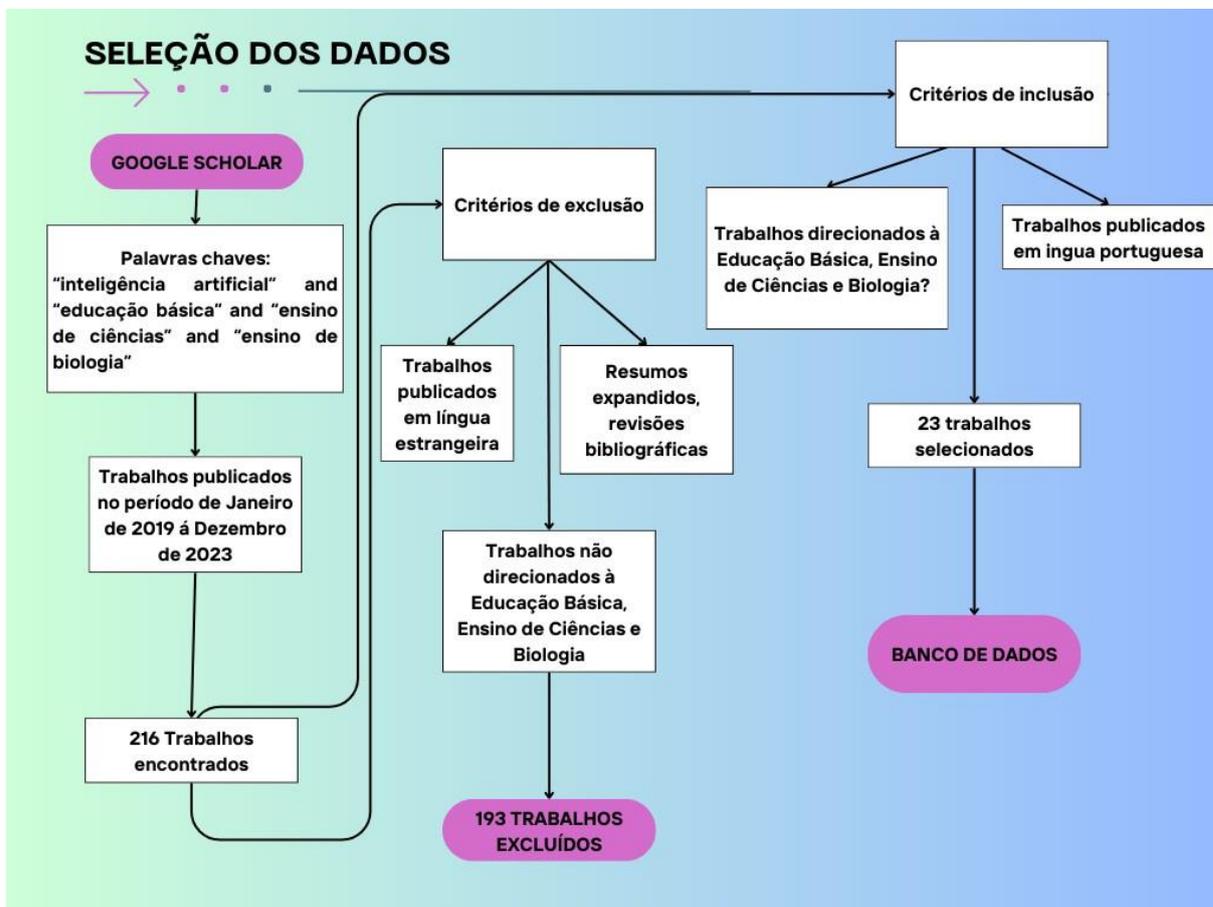
Os critérios de inclusão de trabalhos utilizados neste período tiveram como base o início da pandemia (2019) até o presente momento (2023), em que o uso se tornou mais frequente e iminente mediante o contexto. Utilizaram-se trabalhos publicados em língua portuguesa, os quais estavam disponíveis online de forma gratuita. Enquanto, os critérios de exclusão abrangeram trabalhos publicados em línguas estrangeiras, bem como resumos expandidos, revisões bibliográficas e trabalhos não direcionados à educação básica, no Ensino de Ciências e Biologia.

Após a elaboração do banco de dados procedeu-se à análise dos títulos, resumos, bem como a aplicação dos critérios de pesquisa e, após a análise descritiva do material bibliográfico selecionado, sucedeu-se uma classificação por ano de publicação e região do Brasil e posteriormente a categorização.

Foram encontrados, inicialmente, 216 trabalhos. Contudo, apenas 138 trabalhos foram publicados no período especificado anteriormente para a pesquisa. Após a seleção da linguagem de publicação, somente 132 trabalhos foram selecionados (publicados em língua portuguesa).

Posteriormente à leitura do título foram selecionados 32 trabalhos e, após a leitura na íntegra, foram reduzidos para 23 produções, utilizando os critérios de exclusão anteriormente mencionados. Dessa forma, foram analisados 6 artigos, 1 tese, 10 dissertações e 6 monografias (Fig. 2).

Figura 2: Fluxograma procedimental para a seleção dos dados.



Fonte: autora

A categorização realizada a posteriori teve como inspiração a descrita no trabalho de Giraffa (2023). Os dados foram sistematicamente categorizados em Ambiente de Ensino e Aprendizagem Virtual (AVEA), gamificação (GAME), realidade virtual e aumentada (AR), reconhecimento de fala e linguagem natural (LN), predição e recombinação (PR), Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e aprendizado adaptativo (AA).

Posteriormente, foram estipulados critérios de avaliação como: recursos necessários para a utilização, usabilidade (considerando a finalidade do uso), limitações (contemplando as restrições associadas à utilização), acessibilidade digital (abordando recursos digitais à deficiência visual e auditiva) e a gratuidade (total, parcial ou nula).

Além disso, foi conduzida uma exploração das plataformas de IA indicadas no levantamento para analisar as suas potencialidades voltadas para o uso no Ensino de Ciências e Biologia, e por fim, sugerir formas de utilização destas plataformas para os docentes, visando a melhoria do planejamento e no ensino e aprendizagem.

7. RESULTADOS

Dentre os trabalhos avaliados, a maior parte da discussão da temática encontra-se registrado em dissertações de mestrado (10), seguidas de monografias de conclusão de curso (6), artigos (6) e apenas uma tese de doutorado (Tab.1).

Dentre as categorias de plataformas de IA, a maior parte dos trabalhos citou mais de uma plataforma. AVEA e Gamer são as categorias mais abordadas nos trabalhos avaliados, enquanto STI foi citada apenas uma vez (Tab.1). Esses resultados se justificam em virtude do período de pandemia, pois o ambiente da sala de aula tradicional teve que dar lugar a um AVEA, para dar continuidade ao ensino (Almeida et al., 2023). Esses resultados corroboram com o que foi encontrado no trabalho de Silva et al. (2021), em que o maior número de publicações relatava o uso de AVEAS.

Tabela 1: Quantificação dos trabalhos avaliados de acordo com as seguintes categorias: STI: sistema de tutores inteligentes; AA: aprendizado adaptativo; LN: reconhecimento da fala e linguagem natural; PR: predição e recomendação; AVEA: ambiente de ensino aprendizagem virtual; RA: realidade virtual e aumentada e GAME: gamificação ** O hífen significa que não foram encontrados.

Trabalhos	STI	AA	LN	PR	AVEA	RA	GAME
Artigos (6)	1	2	2	1	2	2	2
Monografias (6)	-	-	-	2	2	2	2
Dissertações (10)	-	-	2	2	3	1	3
Teses (1)	-	-	-	-	1	-	1
Total (23)	1	2	4	5	8	5	8

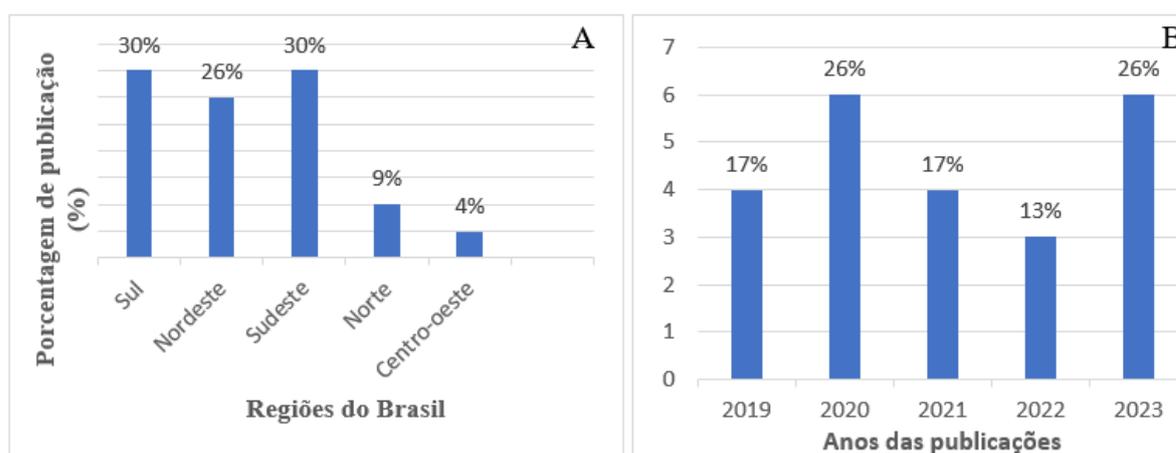
Fonte: Autora.

Dentre os trabalhos analisados, a maior parte foi desenvolvido nas Regiões Sul e Sudeste com 30%, tendo em vista a contribuição significativa da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na elaboração dessas plataformas. No entanto, a Região Nordeste obteve 26%, enquanto

a menor parcela de trabalhos foram encontrados nas Regiões Norte e Centro-oeste, com 9% e 5% respectivamente (Fig. 3 A).

Foram consideradas as publicações ao longo dos anos com maior frequência, com 26% nos anos de 2020 e 2023, enquanto em 2019 e 2021 totalizaram 17%. Todavia, o menor número de publicações foi registrado no ano 2022, com 13%, resultado inesperado, considerando a maior utilização das TDICs no período da pandemia e pós pandemia (Fig. 3 B).

Figura 3: Produções por região do Brasil (A) e ao longo dos anos (B) de trabalhos que citam a utilização de plataformas de inteligência artificial no Ensino de Ciências e Biologia.

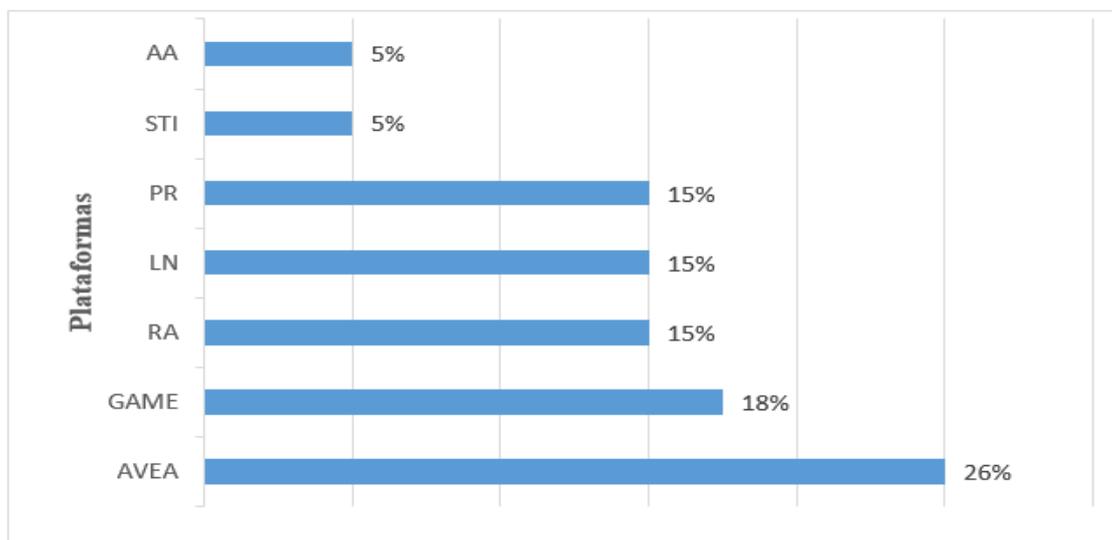


Fonte: Autora

Ao categorizar os dados, foram encontradas 40 plataformas que utilizam IA. Destas, 25% utilizam o AVEA, a gamificação obteve 18%, a RA e os modelos de LN e de PR foram de 15% das plataformas por categoria, no entanto, o STI e o AA obtiveram apenas 5% das plataformas mencionadas (Fig. 4).

Os resultados encontrados no trabalho de Silva et al. (2021) corroboram a relevância da categoria AVEA, similarmente ao que encontramos em nossa pesquisa, onde essa também foi a mais frequente em sua revisão bibliográfica.

Figura 4: Quantificação das plataformas mencionadas nos trabalhos avaliados. *Legenda: AA: aprendizado adaptativo; STI: Sistema de Tutores Inteligentes; PR: predição e recomendação; LN: reconhecimento da fala e linguagem natural; RA: realidade virtual e aumentada; GAME: gamificação e AVEA: Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem.



Fonte: Autora.

7.1 Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem (AVEA)

Foram identificadas dez plataformas que utilizam o AVEA (Tab. 2). Todas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet.

Quanto a usabilidade, as plataformas identificadas criam ambientes virtuais, como turmas e comunidades, disponibilizando materiais e tarefas e construindo conhecimento de forma colaborativa e personalizada. Dentre todas as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso ser restrito à internet (Tab.2).

Quanto à acessibilidade digital, essas plataformas trazem muitos recursos significativos, como a compatibilidade com leitores de tela, ferramentas de ampliação de tela (Zoom) e com o Braille, até a transcrição de texto para a Língua Brasileira de Sinais-LIBRAS, a partir do intérprete virtual. Ademais, todas as plataformas são gratuitas.

Quadro 1: Plataformas que utilizam o Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).

Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
		Personalização do ensino.			

Ava-seduc	* Acesso à internet	Editar cursos pré-definidos. Formação de itinerários formativos para o Novo Ensino Médio	Acesso à internet	Traduz textos para LIBRAS	Total
Cuboz	* Acesso à internet	Criar comunidades Criar e gerenciar turmas Criar webinars Emitir certificados. Baixar lista de presença Publicar trabalhos em eventos.	Acesso restrito à internet, necessário ter cadastro no site	Não identificado	Total
Go-Lab	* Acesso à internet	Encontrar laboratórios virtuais e aplicativos	Acesso restrito à internet	Não identificado	Total
Graasp	* Acesso à internet	Criar quiz e chatbot personalizados Analisar texto. Monitorar o desenvolvimento	Acesso à internet	Não identificado	Total
Google Classroom	* Acesso à internet	Criar turmas. Editar e gerenciar conteúdo. Enviar tarefas. Participar de discussões. Receber feedback.	Acesso à internet	Compatibilidade com leitores de tela. Compatível com ferramentas de ampliação de tela e com o Braille. Legendas dos vídeos. Transcrição ao vivo	Total
		Criação de sala de aula virtual.		Editor de texto integrado	

Moodle	* Acesso à internet	Acompanhar atividades do curso. Fóruns de discussão. Criar avaliações com correção instantânea. Tarefas com tempo controlado Gerar certificados personalizados de conclusão de curso Agendar videoconferências	Acesso à internet	Legendas com texto alternativo para imagens. Legendas ocultas (CC) no vídeo. Verificador de cores	Total
PBWorks	* Acesso à internet	Criação de páginas de Web (sites)	Acesso à internet	Não identificado	Total
Phet colorado	* Acesso à internet	Simulações aplicáveis ao campo das ciências da natureza e matemática	Acesso restrito à internet	Texto Sonificação Zoom	Total
RExLab	* Acesso à internet	Cursos para professores e alunos. Compartilhar práticas pedagógicas.	Acesso restrito à internet	Não identificada	Total
Wix	* Acesso à internet	Criação e aprimoração de sites.	Acesso restrito à internet	Controle por teclado. Descrição de imagens (Alt text)	Total

Fonte: Autora.

A plataforma “Moodle”¹, um acrônimo de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (ambiente modular de aprendizagem dinâmica orientada a objetos), foi mencionada nos trabalhos de Amaral (2019), Leandro (2020) e Silva et al. (2021), como ferramenta de apoio à aprendizagem e na criação de um ambiente colaborativo com aprendizado centrado no aluno, disponível para os sistemas Linux, Windows e Mac, além do aplicativo disponível para Android e IOS.

Em relação a usabilidade, a plataforma tem a capacidade de criar sala de aula virtual e acompanhar atividades do curso, além de controlar o tempo das tarefas e avaliá-las instantaneamente, além de agendar videoconferências e discutir em fóruns, fortalecendo a comunicação colaborativa. Ao final do curso, o sistema pode gerar certificados personalizados de conclusão de curso.

Quanto à acessibilidade digital, a plataforma possui editor de texto integrado, legendas com texto alternativo para imagens e legendas ocultas (CC) nos vídeos, além do verificador de cores, em que o usuário pode editar conforme sua necessidade e sensibilidade.

Por ser uma plataforma de código aberto, os usuários têm acesso ao código-fonte e podem personalizar o sistema de acordo com suas necessidades, de forma totalmente gratuita. Diante disso, ela tem o compromisso de proteger a segurança dos dados, a privacidade do usuário e os controles de segurança (Leandro, 2020).

Os trabalhos de Silva et al. (2021) e Rodrigues et al. (2022) ressaltam que a plataforma “Google Classroom”², também conhecida como “Google Sala de Aula”, permite que educadores criem um ambiente de aprendizado online em que os estudantes podem acessar materiais didáticos, enviar tarefas, avaliações e rubricas, participar de discussões e receber feedback.

Após a criação da turma, o código deve ser compartilhado com os alunos para que ingressem na sala de aula e possam acessar os conteúdos. O professor pode colocar todo o planejamento de uma só vez ou ir acrescentando e atualizando aos poucos. Também é possível acompanhar as resoluções das tarefas, possibilitando a identificação diagnóstica da turma.

A plataforma só funciona com internet, um fator considerado limitante (Tab. 2). No entanto, a plataforma é comumente utilizada de modo assíncrono às aulas, dessa forma, torna-se uma ferramenta complementar. Além disso, a plataforma possui uma versão mobile, facilitando o acesso e o compartilhamento.

¹ Moodle. Disponível em: <https://moodle.com/>.

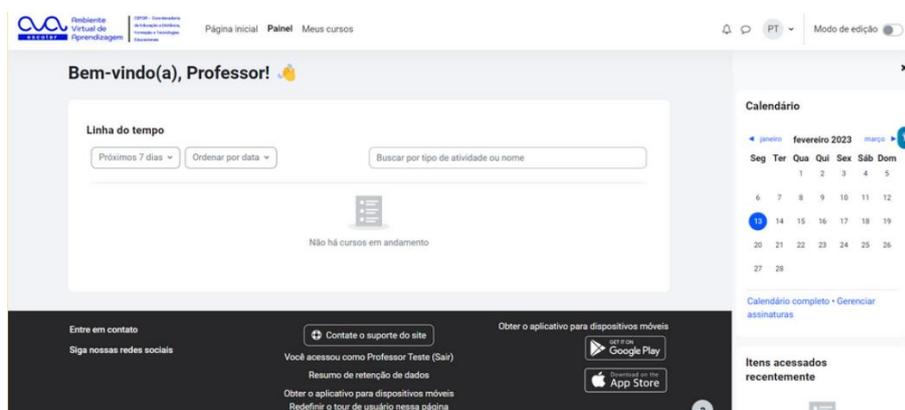
² Google Classroom. Disponível em: <https://classroom.google.com/u/0/>.

É válido ressaltar a sua capacidade de integrar em diversas plataformas, das ofertadas pelo Google e Office até plataformas de gamificação, como o “Kahoot” (Tab.3).

Quanto à acessibilidade digital, a plataforma possui compatibilidade com leitores de tela e com ferramentas de ampliação de tela e com o Braille, além das legendas dos vídeos e das transcrições ao vivo, tornando-o acessível para alunos com vários níveis de deficiência visual, de forma totalmente gratuita.

De acordo com Almeida et al. (2023), uma das plataformas mais utilizadas pelos docentes durante a pandemia do Coronavírus foi a plataforma “Ava-Seduc”³, devido ao grande acervo de conteúdo, proporcionando o compartilhamento e trocas de informações. Para ter acesso às funcionalidades é necessário ter internet e identificação, utilizando o CPF do usuário da categoria indicada (professor e aluno). Ao obter acesso à plataforma, o professor visualiza o painel da plataforma (Fig. 5).

Figura 5: Visão geral do painel do professor.



Fonte: AVA-Seduc

Ela pode ser utilizada para personalizar o ensino, para editar cursos pré-definidos, além de contribuir na formação de itinerários formativos para o Novo Ensino Médio e na formação continuada dos professores em curso regulares formais ou de atualização oferecidos pela SEDUC, além da possibilidade de integração com o aplicativo “Moodle”, anteriormente mencionado. Além de apresentar um intérprete virtual de Língua Brasileira de Sinais- LIBRAS, tornado a plataforma mais acessível para os deficientes auditivos, de forma totalmente gratuita (Fig. 6).

³ Ava-Seduc. Disponível: <https://ava.seduc.se.gov.br/>.

Figura 6: Intérprete virtual de LIBRAS.



Fonte: Ava Seduc.

O trabalho de Silva et al. (2021) também destaca várias plataformas AVEA, como “Cuboz”⁴, “Go-Lab”⁵, “Graasp”⁶ e o “PhET Colorado”⁷, que serão comentadas a seguir.

O “Cuboz” é uma rede de comunidades de educação profissional. Para ter acesso às funcionalidades é necessário ter internet e cadastro no site. Ao estar logado o professor cria e gerencia a comunidade/rede e/ou turmas (Fig. 7), em que cada turma tem seu ambiente exclusivo, com o intuito de ter maior interação e troca de ideias, assim como compartilhar conteúdos, materiais e questionários facilmente para todos os participantes.

Aliás, o criador da turma gerencia a entrada dos participantes, sendo necessário à sua permissão, como também pode acompanhar os relatórios para saber quais conteúdos foram mais acessados (Fig. 7).

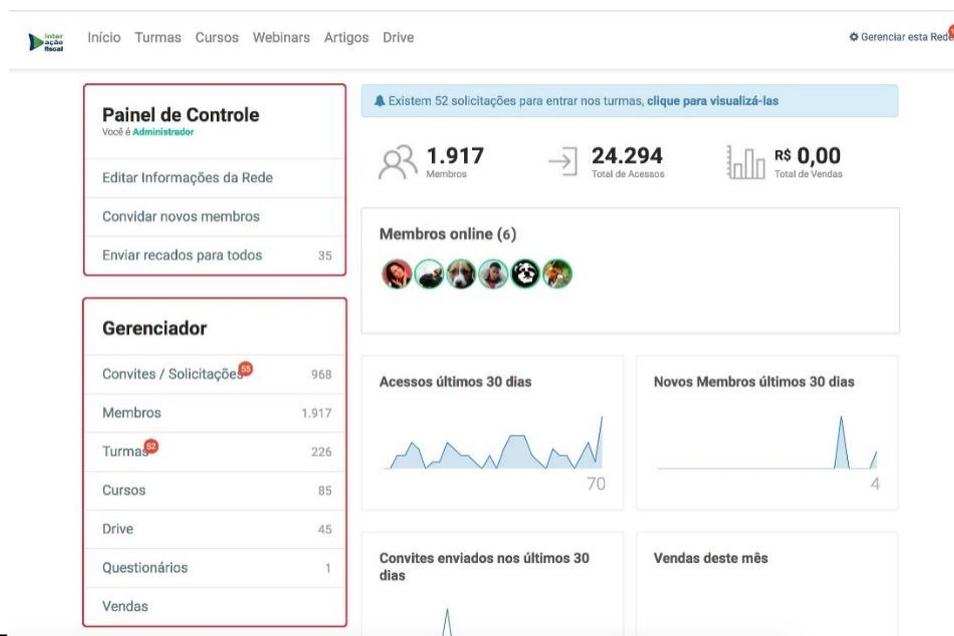
⁴ Cuboz. Disponível em: <https://www.cuboz.com/>.

⁵ Go-Lab. Disponível em: <https://www.golabz.eu/>.

⁶ Graasp. Disponível em: <https://graasp.org/>.

⁷ PhET Colorado. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

Figura 7: Visão geral do painel de controle do gerenciador.



Fonte: Cuboz.

Além de criar eventos educacionais ao vivo (webinars), emitir certificados e baixar as listas de presença, os vídeos ficam disponíveis para serem visualizados posteriormente. Não foram identificados recursos acessíveis disponibilizados pela plataforma, no entanto, por se tratar de uma rede colaborativa é possível utilizar plataformas como o “Sumarize.tech”⁸ para a transcrição audiovisual em texto.

O “Go-Lab”, traz uma das maiores coleções de laboratórios on-line, combinando laboratórios e aplicativos em espaços de aprendizagem de investigação, além de possibilitar o compartilhamento com alunos e colegas.

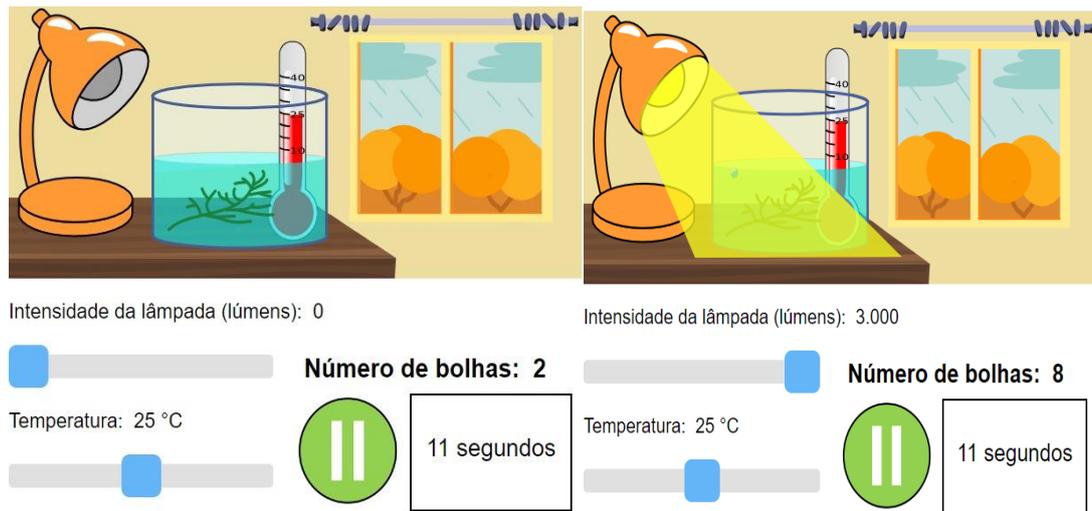
No início de 2023 ainda era possível criar e publicar ambientes nessa plataforma, no entanto, em junho essa iniciativa ativa tornou-se apenas para informação e visualização das contribuições dos últimos dez anos. Dessa forma ainda é possível encontrar laboratórios virtuais e aplicativos, entretanto, o acesso é restrito à internet.

Em relação a acessibilidade digital, apesar do site ser bem intuitivo, não foi identificado nenhuma ferramenta específica para tornar o acesso digital acessível.

A plataforma possui diversas temáticas, incluindo Ciências e Biologia, como por exemplo a representação de um experimento simples relacionando a temperatura e a intensidade de luz com a taxa fotossintética, de forma totalmente gratuita (Fig. 8).

⁸ Sumarize.tech. Disponível em: <https://www.summarize.tech/>.

Figura 8: Laboratório virtual de taxa fotossintética.



Fonte: Go-Lab.

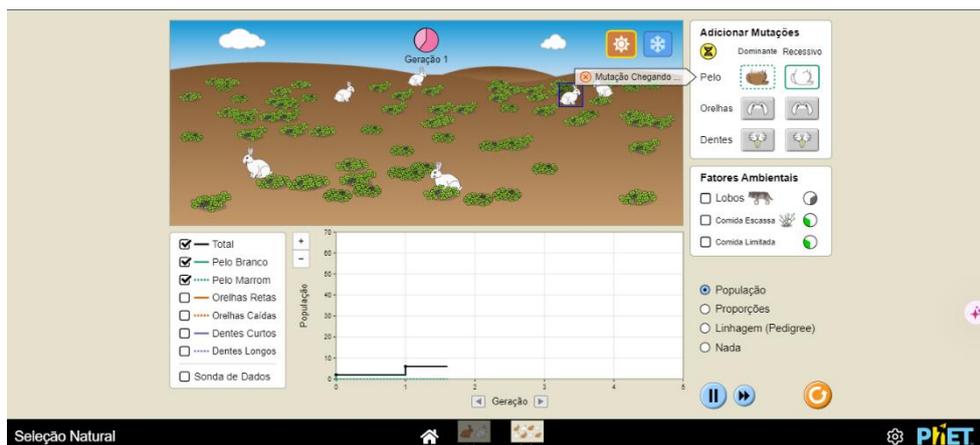
Ao acessar o site “Go-Lab” é indicado o acesso ao site “Graasp” que também possui um acervo diverso na sua biblioteca com recursos similares. Além disso, é possível criar quiz e chatbot personalizados, analisar textos, além de monitorar o desenvolvimento, como também é possível integrá-la à outras plataformas.

Além da possibilidade de migrar os trabalhos criados no “Go-Lab” para o “Graasp”, de forma totalmente gratuita. No entanto, a plataforma só funciona com acesso à internet e se o usuário estiver logado na conta, outro fator limitante é a linguagem do site ser em inglês, mas pode ser traduzida facilmente por plataformas com esse propósito. Não foi identificado nenhum recurso na plataforma que tenha foco na acessibilidade digital.

O site Phet Interactive Simulations mais conhecido como “PhTE Colorado”, fornece simulações aplicáveis ao campo das ciências da natureza e matemática (Silva et al. 2021).

Para acessar o site é necessário ter internet e são disponibilizadas abas que direcionam os usuários para simulações segmentadas por áreas do conhecimento. Estão disponíveis até o momento 19 simulações na área de biologia (Silva et al. 2021). Uma delas é a simulação “seleção natural” representada na figura 9.

Figura 9: Visão geral da simulação “seleção natural” no PhET Corolado.



Fonte: PhET Corolado.

Há uma seção de Ensino, em que são oferecidas orientações valiosas sobre a utilização efetiva das simulações, abrangendo não apenas a navegação, mas também estratégias para compartilhamento de atividades (Silva et al., 2021)

A plataforma é compatível com todos os sistemas operacionais, como Windows, Mac, Android e iPad. A última opção é cobrada uma taxa de US\$ 0,99, offline. Ademais, a plataforma pode ser integrada ao “Google Classroom” (Tab. 2) e “Power point”.

Quanto à acessibilidade digital, é dedicado um espaço com simulações considerando recursos alternativos, tais como navegação por teclado, sonificação e zoom (Silva et al., 2021), de forma totalmente gratuita e online.

Giraffa (2023) aponta a plataforma denominada “RExLab”⁹-Laboratório de Experimentação Remota, criada desde 1997 pela UFSC, por ser um laboratório virtual em que podem realizar experimentos e manipular objetos sem os riscos e custos de um laboratório físico. Para ter acesso à plataforma é necessário ter internet e estar logado na conta, fornecendo e-mail e senha.

A plataforma oferece vários cursos de oficinas *maker* (é um termo que remete geralmente a construção e concerto de objetos e na compreensão como estes funcionam) e de oficinas com foco nos ODS para alunos, proporcionando interação com essa nova cultura. Além de cursos com foco na formação continuada para professores, como o *maker* e cursos de libras, e a capacidade de compartilhar práticas pedagógicas com outros professores, de forma gratuita e online.

⁹ RExLab. Disponível em: [RExLab – Laboratório de Experimentação Remota \(ufsc.br\)](https://ufsc.br/rexlab).

O trabalho de Leandro (2020) menciona o “PBworks”¹⁰. Ele é um ambiente de elaboração de espaços virtuais cooperativos na web, com links de texto do tipo Wiki (Wikis são páginas editáveis na web, criando coleções de páginas interligadas formando um hipertexto ou uma hipermídia, que permitem o trabalho colaborativo e interação aluno-aluno e aluno-professor).

Para a criação dos wikis, é necessário ter internet e ter uma conta logada no site. A plataforma oferece 4 perfis diferentes como: administrador, escritor, editor e leitor (Fig. 10). Ao criar a página o usuário torna-se automaticamente administrador, gerenciando as permissões de entrada de novos usuários, pois o uso é restrito aos seus usuários cadastrados.

Figura 10:: Visão geral da relação dos perfis, permissões e as funcionalidades. *Legenda: o X indica ação permitida.

Perfis / Operações	Anônimo (em espaços públicos)	Reader	Writer	Editor	Administrator
Ler página	X	X	X	X	X
Comentar			X	X	X
Excluir comentário				X	X
Criar/editar página				X	X
Reverter página para outra versão				X	X
Mover página				X	X
Renomear página				X	X
Excluir página				X	X
Upload de arquivo				X	X
Download de arquivo		X	X	X	X
Mover arquivo				X	X
Renomear/excluir arquivo				X	X
Criar pasta				X	X
Renomear/excluir Pasta				X	X
Convidar/definir/redefinir permissões/ excluir usuários					X
Renomear/excluir espaços de trabalho					X
Atributos do espaço de trabalho					X

Fonte: PBworks.

Essas funcionalidades só podem ser acessadas com internet. O serviço em sua versão básica é oferecido gratuitamente para fins educacionais, no entanto, em sua versão profissional, é pago.

A plataforma “Wix”¹¹ mencionada por Neves (2020), proporciona a criação de sites com Layouts personalizados, além do acervo de 800 templates, que nada mais é que a estrutura visual das suas páginas, podendo utilizar a inteligência artificial para auxiliar nas escolhas

¹⁰ PBworks. Disponível em: <https://www.pbworks.com/>.

¹¹ Wix. Disponível em: <https://pt.wix.com/>.

(Figura 12). Apesar de a ideia de criar sites pareça difícil, essa plataforma oferece um guia completo, com o intuito de facilitar esse processo.

Além de compartilhar informações, o usuário também pode fazer com intuito profissional para promover sua carreira e produções, até vender materiais didáticos (Fig. 11). Todo esse processo é totalmente intuitivo e gratuito.

Figura 11: Visão geral do momento da criação do site no Wix.



Fonte: Wix.

Em relação à acessibilidade digital, o site pode ser controlado por teclado e as imagens são descritas em textos (Alt text), facilitando o acesso à deficientes visuais, no entanto, esses ajustes são feitos pelo criador do site.

Diante disso, o AVEA transcende o espaço físico para o virtual, proporcionando maior flexibilidade no tempo, na dinamização do aprendizado e na promoção de autonomia dos alunos (Neves, 2020), proporcionando um ambiente de aprendizagem com principal foco em fornecer e subsidiar o consumo de conteúdos em formatos multimídia variados, como vídeos, simulações e laboratórios virtuais, além dos questionários e avaliações, com ênfase no desenvolvido dos alunos (Groenwald et al., 2014; Möller et al., 2019).

Essas plataformas podem ser utilizadas pelos docentes, tanto no ensino EAD quanto no presencial, construindo uma base do conteúdo para trabalhar em sala de aula ou articulando com outras metodologias, como no caso da aprendizagem híbrida e das metodologias ativas de aprendizagem (Costa et al., 2019; Gomes et al., 2023).

O trabalho de Santos et al. (2023) demonstra como a plataforma InTecEdu¹², uma AVEA, integrada no REx-Lab, que disponibiliza um laboratório virtual, pode ser aplicada de forma prática no Ensino de Ciências e Biologia. Essa plataforma fornece uma sequência didática para cada temática abordada disponível. No caso desse trabalho, foi utilizada para o tema de pigmentação foliar.

Os mesmos autores identificaram pontos fortes como a promoção da autonomia dos alunos, a diversidade de avaliação e experimentação, como também a possibilidade de explorar novas temáticas. Contudo, foram identificados pontos fracos como ser uma plataforma com experimentação limitada e as atividades longas, tornando-se cansativa para os alunos (Santos et al., 2023).

Portanto, essas plataformas podem favorecer o processo de ensino e aprendizagem, desde que as atividades sejam planejadas e tenham objetivos pedagógicos claramente definidos (Neves, 2020; Silva et al., 2021).

7.2 Gamificação (GAME)

Foram identificadas sete plataformas que utilizam Gamificação (Tab. 3). Todas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet. Quanto a usabilidade, as plataformas encontradas são tanto para elaboração de jogos quanto para execução de jogos já elaborados (Tab. 3).

Dentre as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso restrito a internet, a linguagem e o requerimento de compreensão em relação a programação (Tab. 3). Quanto à acessibilidade digital, apenas duas plataformas possuíam recursos, tais como a leitura em voz alta, ajuste do tamanho do texto, ícones e outros elementos, além do verificador de cores (Tab. 3). Algumas plataformas são gratuitas, outras possuem versões parcialmente gratuitas, no entanto apenas uma tem gratuidade nula (Tab. 3).

Quadro 2: Plataformas que utilizam a gamificação produzida por IA, identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).** A complexidade foi considerada pela necessidade de conhecimento básico a intermediário de programação

Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
Construct2	*	Criação de jogos 2D	Site e programa em inglês	Não identificada	Nula

¹² Projeto de Integração de Tecnologia na Educação- InTecEdu. Disponível em: <https://intecedu.rexlab.ufsc.br/>.

	Acesso à internet	HTML5			
Educaplay	* Acesso à internet	Criação de jogos	Acesso à internet Site em inglês, espanhol e francês	Não identificada	Total
GameMaker Studio	* Acesso à internet	Criação de jogos 2D	** Compatibilidade somente com Windows Alguns recursos pagos	Verificador de cores Ajuste do tamanho do texto, ícones e outros elementos	Parcial
Kahhot	* Acesso à internet	Criação de jogos e quiz personalizados Fazer avaliações interativas	Site em inglês Alguns recursos pagos	Leitura em voz alta	Parcial
Pandemic	O jogo	Jogo de tabuleiro na modalidade RPJ	Valor alto a ser pago	Não identificada	Nula
Pokémon Go	* Acesso à internet	Relacionar os personagens do jogo com os animais reais.	Acesso restrito à internet	Não identificada	Total
Unity	* Acesso à internet	Criação de videojogos 2D e 3D para diversas plataformas (PC, consoles, mobile, VR e AR)	Acesso restrito à internet	Cores personalizadas	Parcial

Fonte: Autora.

Os trabalhos de Bergamaschi et al. (2019), Silva et al. (2020) e Silva et al. (2021) destacam o “Unity”¹³ um software responsável pela criação de videojogos 2D e 3D, criado pela Unity Technologies, para diversas plataformas (PC, mobile, AR, etc.), além de permitir a integração com várias bibliotecas de desenvolvimento, incluindo a “Vuforia” (Tab. 4), permitido assim, uma maior flexibilidade ao usuário desses sistemas. Para ter acesso às funcionalidades é necessário ter internet e realizar download da plataforma disponível no site no computador/ notebook. O arquivo não é suportado em mobile, somente os jogos são suportados.

Em relação as limitações, podemos citar o acesso restrito à internet e a complexidade em compreender a linguagem de programação. Todavia, dentro da própria plataforma existem módulos para aprender a linguagem utilizada, totalizando cerca de 37 horas de conteúdo educativo para aprender a desenvolver seu próprio jogo. O software possui versão gratuita, para estudantes e amadores e versões pagas como o plano “Unity pro” por US\$ 185/mês, focados em perfis profissionais e empresariais.

Os trabalhos de Almeida et al. (2022) e Souza (2023), mencionam o “Kahoot”¹⁴, uma plataforma voltada para criação de jogos e quiz personalizados, além da possibilidade de realizar avaliações interativas. Como também, poder ser utilizada em sincronia com plataformas de videoconferências como: “Zoom”¹⁵, “Google Meet”¹⁶ “Microsoft Teams”¹⁷, e outras com a capacidade de compartilhamento de tela.

Para acessar as funcionalidades é necessário ter internet e estar logado na conta do site, e selecionar uma das opções de contas: professor, aluno, profissional ou pessoal (Fig. 12). Ao finalizar o jogo/quis o usuário recebe um pin para disponibilizar para os alunos participarem e interagem com a plataforma.

¹³ Unity. Disponível em: <https://unity.com/pt> .

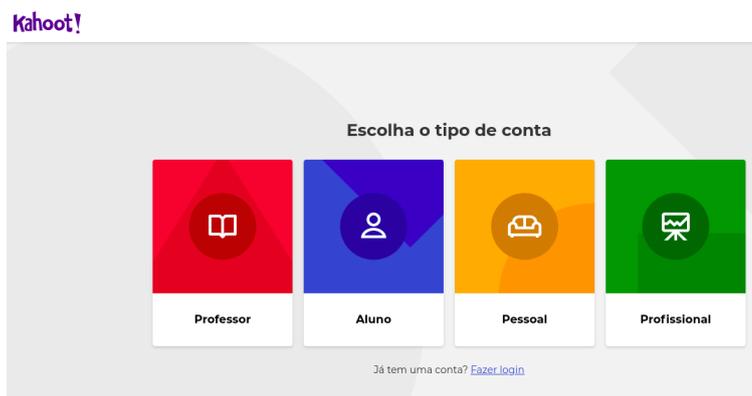
¹⁴ Kahoot. Disponível em: <https://kahoot.com/> .

¹⁵ Zoom. Disponível em: <https://zoom.us/> .

¹⁶ Google Meet. Disponível em: <https://meet.google.com/> .

¹⁷Microsoft Teams. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-teams/log-in> .

Figura 12: Visão geral das categorias de contas disponíveis.



Fonte: Kahoot.

O site está na língua inglesa, mas, como dito anteriormente sobre outras plataformas, a tradução é facilmente feita pelo navegador. Quanto à acessibilidade digital, ela possui a leitura em voz alta, que auxilia a compreensão das atividades para pessoas com deficiência visual.

Apesar de apresentar versão mobile e gratuita, um fator a ser considerada ao utilizar em suas aulas é a limitação dos recursos, como a quantidade de até oito usuários por grupo de jogo, enquanto nos dois planos disponíveis para escolas são pagos, R\$ 3,90 até o plano mais completo para professores por R\$ 9,99 mensal, além de contar com assistência da IA na elaboração.

Amaral (2019) menciona o “Construct2”, uma plataforma que possibilita a criação de jogos 2D, no formato HTML5, sigla para Hypertext Markup Language na 5ª geração, que suporta multimídia e funcionalidades interativas e permite criar aplicativos web, como jogos.

É necessário ter acesso à internet e realizar o download disponível no site com o computador/notebook. No entanto, só é compatível para Windows, mas os jogos que o usuário criar podem rodar em qualquer lugar, como Mac, Linux ou iPad.

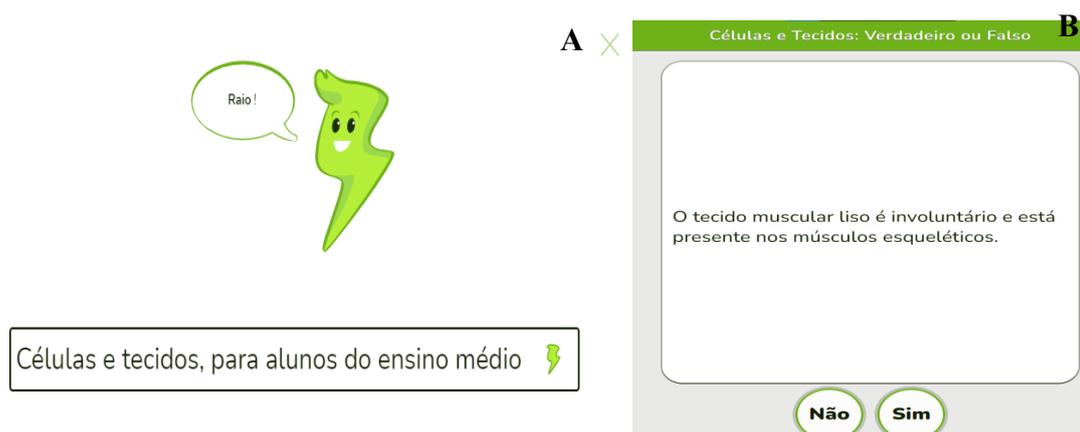
Apesar de apresentar limitações como ser em inglês e requerer alguns conhecimentos básicos em programação, o site fornece tutoriais para execução e elaboração do jogo e uma baixa complexidade para sua criação. Contudo, é adicionado um custo de R\$ 439,99, para a licença. Diante disso, não foi possível identificar se haviam recursos acessíveis.

Atualmente tem uma versão mais recente, o “Construct3”, que pode adicionar aos jogos o JavaScript, uma linguagem de programação que pode implementar diversos itens de alto nível de complexidade em páginas web, como animações 2D/3D, mapas, ou informações que se atualizam em intervalos de tempo padrão.

Valério (2023) destaca “Educaplay”¹⁸, um site que além de criar jogos, o usuário pode jogar os existentes no site, com acesso à internet e sem identificação, no entanto, para a criação dos jogos é necessário identificar-se com e-mail e senha.

Ao estar logado na sua conta, o usuário pode criar o jogo utilizando IA, com o Raio (mascote visual da plataforma) (Figura 13A). Após 20 segundos o jogo é criado, com a modalidade que o usuário escolher (Figura 13B). Os jogos criados podem ser compartilhados para plataformas como “Google Classroom” (Tab. 2) e “Microsoft Teams”.

Figura 13: Comando de entrada para a IA (A) e a produção do jogo feita pela IA (B)



Fonte: Educaplay.

O site funciona somente com internet e está disponível em inglês, espanhol e francês, no entanto, pode ser facilmente traduzido. Quanto à gratuidade, possui planos grátis e pagos (premium), com valor de US\$ 4,75 até US\$ 47,50 mensais, mas, ao assistir os anúncios, o usuário pode utilizar os recursos novamente de forma limitada.

O trabalho de Leandro (2020) ressaltou o software “GameMaker Studio”¹⁹, assim como a anterior, essa plataforma também possibilita a criação de jogos 2D, para as plataformas Windows, Mac, Linux, Android, iOS, HTML5, Xbox, PlayStation e Nintendo Switch.

Para ter acesso às funcionalidades é necessário ter internet, está registrado no site e realizar o download da plataforma. Aliás, a plataforma fornece a possibilidade de exportar o jogo para plataformas Desktop, Web e Mobile. No entanto, apresenta um nível maior de complexidade e compreensão na área de programação, contudo o site fornece tutoriais.

Quanto à acessibilidade digital, a plataforma possui recursos que auxiliem nesse processo, tais como o ajuste do tamanho do texto, ícones e outros elementos e como também o

¹⁸ Educaplay. Disponível em: <https://www.educaplay.com/>.

¹⁹ GameMaker Studio. Disponível em: <https://gamemaker.io/pt-BR>.

verificador de cores. O site possui planos gratuitos (sem licença comercial) e os plano pagos (com licença comercial) com valores de US\$ 79,99 até US\$ 99,99. Dessa forma, além de utilizá-los em sala de aula, o usuário poderá comercializá-lo.

Para finalizar o uso direto na IA na gamificação, os resultados encontrados em Silva (2020) e Giraffa (2023) abordam a utilização do jogo virtual e mobile que utiliza RA denominado “Pokémon Go”²⁰. Para ter acesso ao jogo é necessário ter internet e baixar o aplicativo, de forma totalmente gratuita. Entretanto, não foram identificados recursos que auxiliem na acessibilidade digital.

Esse jogo pode ser articulado para as aulas de biologia, devido à semelhança anatômica e fisiológica dos diversos personagens do jogo com os animais reais, como o Charmander (salamandra *Andrias davidianus*), Pidgy (ave *Cedar waxwing*), Squirte (tartaruga *Chelonia mydas*) e Magikarp (carpa *Cyprinus carpio*), representados na figura 14.

Figura 14: Visão geral da relação dos personagens com os animais reais.



Fonte: Autora.

A IA também pode ser utilizada indiretamente, como no jogo de tabuleiro “Pandemic” mencionado por Diedrich (2019). O jogo “Pandemic” utilizou a IA para simular as condições possíveis de dispersão de doenças com pessoas contaminadas sem sintomas, contribuindo na interação imersiva do jogo (Diedrich, 2019).

²⁰ Pokémon Go. Disponível em: https://pokemongolive.com/?hl=pt_BR .

São necessárias duas a quatro pessoas, maiores de 14 anos. Os jogadores possuem um objetivo comum: a descoberta das quatro curas das doenças. Desta forma, apesar de cada um possuir suas próprias cartas e escolher individualmente suas ações, é necessário conversar com outros membros da equipe para traçar uma estratégia para as eventuais infecções. O jogo tem duração de 30 a 60 minutos.

Termos como DNA, células, RNA mensageiro, ATP, aminoácido, proteínas, hormônio, receptor de membrana e respiração celular precisam ser bem estabelecidos para os alunos, a fim de executarem efetivamente as ações do jogo. Dentro da caixa do tabuleiro vem sete cartas de função, com os peões correspondentes, seis centros de pesquisa, seis marcadores, 96 cubos de doença, 48 cartas de Infecção, 59 cartas de jogador, quatro cartas de referência e 1 livro de regras, por R\$ 289.

Nessa categoria, as plataformas utilizam um conjunto de técnicas de IA para criar um ambiente de aprendizado totalmente imersivo, utilizando jogos e simulações interativas, com o objetivo de motivar os usuários (Giraffa, 2023).

De acordo com Vygotsky (1998), quando uma criança se engaja em atividades lúdicas, ela instaura uma situação imaginativa, caracterizada pela presença do prazer intrínseco àquela atividade, oportunizando a aquisição de habilidades para enfrentar desafios.

Dessa forma, os docentes podem utilizar essas plataformas tanto para criar jogos personalizados quanto para utilizar os jogos disponíveis e aplicáveis à temática, devido aos benefícios significativos para o processo de aprendizagem dos alunos. Esses recursos têm o potencial de tornar o conteúdo mais acessível, interativo e atraente, promovendo assim um ambiente de ensino mais envolvente e eficaz (Souza, 2023).

7.3 Realidade virtual e aumentada (RA)

Foram identificadas seis plataformas que utilizam RA (Tab. 4). Todas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet.

Quanto a usabilidade, são plataformas que oferecem o desenvolvimento de ambientes RA, além de fornecer imagem e ilustrações em 3D e RA e laboratórios remotos.

Dentre as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso restrito à internet, limitando o uso e por ter a página do site em inglês, dificultando a compreensão para aqueles que não compreendem a língua. No entanto, pode ser facilmente resolvido com a tradução instantânea feita pelo próprio navegador do dispositivo.,

Todavia, não foi possível identificar recursos específicos para a acessibilidade digital na maioria das plataformas, mas algumas possuem legendas dos vídeos e cenas 3D, além dos próprios recursos como o Zapvision, comentado posteriormente.

A metade das plataformas são gratuitas, outra metade tem sua gratuidade parcial, contendo planos gratuitos com recursos limitados e planos premium que são pagos com valor de até EUR 90 pagos anualmente, com recursos ilimitados.

Quadro 3: Plataformas que utilizam a Realidade Virtual e Aumentada (RA) identificadas nos trabalhos avaliados.

*A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).

Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
Google Arts e Culture	* Acesso à internet	Imagens 360°, RD e RA de museus e obras de arte	Acesso restrito à internet	Não identificada	Total
Mozaik Education	* Acesso à internet	Simulações 3D. Criar aulas multimídia. Compartilhar materiais educacionais. Monitorar o progresso dos alunos em tempo real.	Acesso restrito à internet Recursos limitados (versão gratuita)	Legendas dos vídeos e cenas 3D	Parcial
RELLE	* Acesso à internet	Conteúdos didáticos abertos Laboratórios remotos	Acesso restrito à internet	Não identificado	Total
Vuforia	* Acesso à internet	Desenvolver ambientes RA	Acesso restrito à internet	Não identificada	Total (somente para fins educacionais)
	*	Simulações.	Site em inglês		

XD Education	Acesso à internet	Jogos Interativos. Laboratórios Virtuais.	Acesso restrito à internet	Não identificada	Parcial
Zappar	* Acesso à internet	Desenvolver ambientes RA	Site em inglês Acesso restrito à internet	Zapvision	Parcial

Fonte: Autora.

Os trabalhos de Bergamaschi et al. (2019) Silva (2020) e Silva et al. (2021) abordam a plataforma “Vuforia”²¹, responsável por desenvolver ambientes de RA e realidade virtual (RV), a partir de conjuntos de ferramentas de desenvolvimento de software (Software Development Kit-SDK), com suporte para telefones, tablets, óculos para RA entre outros, tornando a implementação mais simples nesses dispositivos. Essa plataforma pode ser integrada com o “Unity” (Tab. 3), para programação de jogos RA.

Para ter acesso às funcionalidades é necessário ter internet e realizar o download pelo computador/ notebook (requisitos para instalação: Windows 10 em 64 bits e 4 GB de memória RAM) da plataforma disponibilizada no site. Após a instalação, é preciso estar logado a uma conta, fornecendo e-mail e senha. Posteriormente a esse processo, a plataforma está pronta para reconhecer alvos, reconhecer objetos simples e complexos (3D), além de armazenar e gerenciar os marcadores.

Não foi identificado nenhum recurso para promover a acessibilidade digital, no entanto, o produto final é uma imagem RA, contemplando as pessoas com visão baixa. Essa plataforma tem novas versões com recorrência, com foco em upgrades, correções de bugs e melhorias de desempenho. Esse SDK não é grátis, no entanto, não há custo inicial para a utilização ou para desenvolvimento com fins educacionais (Bergamaschi et al. 2019). Todavia, há planos em nuvem a partir de US\$ 99 por mês.

²¹ Vuforia.Vuforia Engine developer. Disponível em: <https://developer.vuforia.com/>.

O trabalho de Silva et al. (2023), utilizou o aplicativo “Zappar”²² por ser especializado no desenvolvimento de produtos de RA, para elaborar RA personalizados a partir de “zapcodes” (como QR Code) pelo seu site "Zapworks".

Para ter acesso ao site e ao aplicativo é necessário ter acesso a internet e ter uma conta logada aos mesmos, para ter acesso as funcionalidades. Ela permite que os usuários usem seus dispositivos móveis para criar, visualizar e interagir com conteúdo digital em tempo real, combinado a câmera dos dispositivos com o software do aplicativo, com o intuito de sobrepor elementos virtuais a partir de marcadores, ao mundo real, contemplando uma experiência imersiva aos usuários (Silva et al. 2023).

O aplicativo possui uma ferramenta acessível denominada “Zapvision”, uma tecnologia que visa ajudar deficientes visuais a acessar instantaneamente informações de produtos na tela do smartphone a partir da visão computacional e sistema de código. Além disso, é possível adicionar imagens, vídeos, sons e outras integrações, embora a versão gratuita possua algumas restrições (Silva et al. 2023).

Esse aplicativo também é utilizado para a visualização dos cards prontos da plataforma “RA Repository”²³, com conteúdos relacionados a ciências e biologia. Os cards podem ser impressos ou acessados online pelo site, de forma totalmente gratuita. Ademais, os professores podem utilizar as perguntas disponíveis nos cards como um método de avaliação dos alunos (Mazon et al, 2022).

O trabalho de Silva et al. (2021) ressalta a utilização da plataforma RV, denominada “RELLE”²⁴- Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos. Esta plataforma foi desenvolvida pelo Grupo de Trabalho em Experimentação Remota - GT-MRE, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Encontram-se atualmente um total de 20 experimentações remotas na plataforma, sobre robótica, física e biologia (Silva et al. 2021). A plataforma utiliza o recurso de uma Webcam para demonstrar aos usuários aparelhos reais via RV, como demonstrado na amostra floral (Figura 15).

²² Zappar. Disponível em: <https://www.zappar.com/> .

²³ RA Repository desenvolvida pelo LabTeC. Disponível em: <https://plataforma.raescolas.ufsc.br/pt/ra> .

²⁴ RELLE. Disponível em: <http://relle.ufsc.br/> .

Figura 15: Visão geral do microscópio remoto-RELLE.



Fonte: RELLE.

Para ter acesso à essa funcionalidade é preciso ter internet e responder um questionário informando alguns dados pessoais, profissionais e a finalidade do uso.

Quanto à acessibilidade digital, não foram identificadas nenhuma ferramenta que auxilie, mas, por ser uma ferramenta recente, pode receber uma nova atualização que abranja os usuários com deficiência. Em relação à gratuidade, o site funciona totalmente gratuito.

Laboratórios virtuais são uma excelente escolha alternativa e econômica, pois os usuários podem realizar experimentos e manipular objetos sem os riscos ou custos associados aos laboratórios tradicionais (Giraffa, 2023).

O trabalho de Souza (2023), menciona o “Mozaik Education”²⁵, por ser um programa intuitivo e de fácil acesso, além de disponibilizar manuais digitais, cadernos e exercícios interativos, bem como versáteis ilustrações, animações.

Para ter acesso a essas funcionalidades é necessário ter internet e estar logado na conta do site. A plataforma oferece aos professores a possibilidade de criar aulas multimídia, compartilhar materiais educacionais e monitorar o progresso dos alunos em tempo real, como também os recursos para gamificação e colaboração, implementando maior interação.

Os usuários podem visualizar o acervo de imagens, animações 3D, vídeos e conteúdos interativo. No entanto, na versão gratuita os conteúdos com a bandeira verde podem ser abertos, sendo no máximo cinco por semana, como apresentado na figura 16 (Souza, 2023). Há também os planos pagos, com custo de EUR 90, anualmente.

²⁵ Mozaik Education. Disponível em: <https://www.mozaweb.com/pt/>.

Figura 16: Visão geral do acervo 3D disponíveis na área de biologia.



Fonte: Mozaik Education.

O trabalho de Silva et al. (2021) menciona a plataforma “XD Education”²⁶ por apresentar simulações e vídeos interativos para área de ciências da natureza, química, física, biologia e matemática, do Ensino Fundamental e Médio, EJA (Educação de Jovens e Adultos) e ao Ensino Profissionalizante.

São mais de 450 simulações interativas para a Educação Básica (167 para o Ensino Fundamental) e 250 aplicações 3D Estereoscópicas (vídeos e simulações) distribuídas entre as disciplinas, como também o banco de dados de diversas questões. Essas informações estão disponíveis no site.

Para ter acesso a esse acervo é necessário ter internet e estar logado na conta, fornecendo o CPF/ e-mail e senha. No entanto, é possível acessar alguns recursos sem estar logado, como os vídeos e animações. Todavia, os exercícios entre outras funcionalidades, tem acesso liberado apenas para assinantes. Ademais, os vídeos e as animações contêm explicações sobre os conteúdos na língua inglesa, o que dificulta o entendimento para os alunos não bilingues (Silva et al., 2021). Vale ressaltar que não foram identificados recursos que promovam acessibilidade digital nessa plataforma.

Por fim, Valério (2023) ressalta o uso do “Google Arts e Culture”²⁷. Esse aplicativo utiliza imagens reais de museus para ilustrações virtuais com imagens em 360°, 3D e RA. Possui um acervo de mais de 1700 museus em 70 países, sendo 57 do Brasil, contendo seis

²⁶ XD Education, desenvolvida pela fabricante Eureka.In. Disponível em: <http://www.xdeducation.com.br/>.

²⁷ Google Arts e Culture, desenvolvido pelo Instituto Cultural do Google. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/>.

milhões de obras de arte e artefatos e mais de 6000 exposições. Essas informações estão disponíveis no site.

Para ter acesso a esse acervo é necessário ter internet. Por apresentar diversas temáticas, o professor de ciências e biologia pode utilizar 41.652 itens, com temáticas como fósseis, insetos, plantas, tempo evolutivo, entre outras, além de articular projetos interdisciplinares.

O acesso é totalmente restrito à internet, mas o usuário pode baixar as fotos com ótima qualidade e apresentá-las em sala de aula, nos slides ou de forma impressa. Caso queira utilizar as imagens 3D ou RA podem disponibilizá-las de forma assíncrona, como conteúdo complementar ou gravá-las e mostrar em sala de aula.

O aplicativo conta com a tecnologia IA, como alguns recursos como: “Art Selfie”, para pesquisar com sua selfie uma obra de arte e a “Art Palette” que pesquisa a obra de arte que combina com uma paleta de cores determinada pelo usuário, de forma totalmente gratuita.

De acordo com Tori et al. (2006, p. 24), a partir da combinação de códigos bidimensionais, torna possível o software de RA projetar objetos virtuais em imagens do mundo real. Essa tecnologia permite a sobreposição de elementos virtuais em tempo real, criando uma experiência imersiva e interativa para o usuário. No entanto, o software de realidade virtual simula o ambiente virtual de maneira tão imersiva que os usuários se sentem presentes nessa realidade, geralmente utilizam equipamentos como óculos de realidade virtual.

O recurso da realidade virtual e aumentada traz uma percepção enriquecedora, pois mescla o ambiente real e virtual, proporcionando um ambiente de ensino criativo, interativo e personalizado (Cardoso et al., 2017).

O estudo conduzido por Ferreira e Pereira (2020) empregou a tecnologia de realidade aumentada em sala de aula, particularmente nas aulas com temática sobre Ecologia, ministradas a alunos do ensino médio. De maneira interdisciplinar, ocorreu a integração das disciplinas de Química e Biologia, fortalecendo a noção de estabelecer uma ligação entre o conhecimento teórico e a realização prática das experiências com dispositivos reais. Dessa forma, as possibilidades de integrá-las no Ensino de Ciências e Biologia são amplas e interdisciplinares, caso seja executada com planejamento e embasamento pedagógico.

Diante disso, os docentes podem utilizar essas plataformas com o intuito de criar imagens com a realidade virtual ou aumentada personalizadas ou utilizar as imagens AR prontas, visando promover uma ambientação imersiva da temática estudada, especialmente em áreas abstratas como a citologia, histologia e prática, como ecologia. Essa abordagem

proporciona aos alunos uma experiência visualmente rica e interativa, permitindo uma compreensão mais profunda e palpável dos conceitos complexos.

7.4 Reconhecimento de Fala e/ou Linguagem Natural (LN)

Foram identificadas seis plataformas que utilizam o modelo de reconhecimento de fala e/ou linguagem natural (LN) (Tab. 5). Todas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet. Quanto a usabilidade, vai de criar chatbots personalizados, gerar e compreender textos até interagir com os documentos. Dentre as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso restrito à internet, como também a limitação de recursos na versão gratuita.

Quanto à acessibilidade digital, a produção artificial de fala humana, ou seja, o comando e a reprodução de voz, são frequentemente encontrados nessas plataformas com o intuito de transcrever o texto no formato auditivo.

A maioria das plataformas tem gratuidade parcial, ou seja, há versões gratuitas com recursos limitados e versões pagas com um upgrade de recursos, no entanto, é um investimento com custo elevado e deve ser considerado ao escolher.

Quadro 4: Plataformas que utilizam o reconhecimento de fala e linguagem natural (RL) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).

Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
ChatGPT	* Acesso à internet	Geração e compreensão de texto. Fazer perguntas e respondê-las Tradução de idiomas. Criar histórias, poemas e letras de música. Redigir textos, e-mails e cartas de apresentação. Criar listas. Gravar código.	Conhecimento desatualizado (versão gratuita) Verificação de fatos limitados (acurácia) Interpretação literal Dependência da qualidade da entrada	Comando por voz (App)	Total Versão 3.5 Nula Versão 4.0

		Resumir conteúdo. Crie currículo.			
ChatPDF	* Acesso à internet	Entender e traduzir textos em diversos idiomas. Resumir o conteúdo de documentos	Limitação da utilização dos documentos carregados, o tamanho e o número de perguntas feitos diariamente	Não possui	Parcial
Dialogflow	* Acesso à internet	Criar chatbots personalizados	Acesso restrito à internet. Alguns recursos pagos	Tradução em textos ou áudios. (versões pagas)	Parcial
IRIS+	Agendamento	Tirar dúvidas e responder perguntas alinhadas a ODSs. Promover o pensamento consciente e sustentável.	Localização	Totens reservados e comando por voz e chat	Total (para professores e alunos)
Perplexity.AI	* Acesso à internet	Geração e compreensão de texto. Entender e traduzir textos em diversos idiomas. Resumir o conteúdo de documentos	Verificação de fatos limitados (acurácia) Interpretação literal Dependência da qualidade da entrada	Não possui	Parcial
Zenvia	* Acesso à internet	Criar chatbots personalizados	Limitação quanto a interpretação das perguntas dos usuários	TTS	Parcial

Fonte: Autora.

Rocha et al. (2020) ressalta uma abordagem indireta da utilização de IA na educação em espaço não formal, como a visita ao Museu do Amanhã- Rio de Janeiro, que implementou uma nova experiência virtual com a “IRIS+”²⁸ (Tab. 5), o assistente cognitivo foi construído com IBM Watson, com objetivo de encorajar o visitante a pensar sobre seu papel na sociedade e a agir de forma mais consciente, tolerante e sustentável.

O “Museu do Amanhã” é gratuito para alunos e professores e exhibe um espaço científico e acessível, que examina o passado, apresenta tendências do presente, além de explorar cenários possíveis para os próximos 50 anos, como por exemplo a “galeria do tempo” que aborda a origem do universo, da matéria e da vida, como também a evolução da vida dos hominídeos até o antropoceno, além da projeção do futuro e a “galeria das formas” que apresenta descrições em braile, com pisos e maquetes táteis. O espaço também contém rampas, tornando o acesso acessível para deficientes visuais e físicos.

O assistente cognitivo possui seis totens de autoatendimento, sendo dois para uso prioritário de cadeirantes e crianças. Para ter acesso e registrá-lo é necessário o cartão da IRIS disponibilizado pelo museu. Essa plataforma foi programada tanto para responder quanto para fazer perguntas, com 250 iniciativas cadastradas até o momento, que estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) das Nações Unidas, como também na Exposição Principal do Museu. Eles podem ser acessados por meio de chat e voz (Fig. 17), tornando o espaço mais acessível.

Figura 17: Pessoas utilizando Iris+ no Museu do Amanhã-RJ.

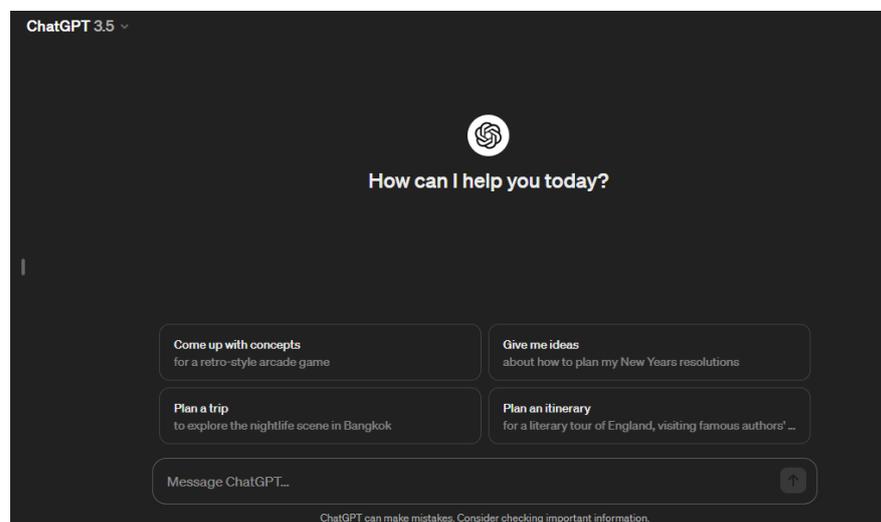


Fonte: Bastos (2017).

²⁸IRIS+ desenvolvido por IBM Watson. Disponível: <https://museudoamanha.org.br/pt-br/irismais> .

O chatbot mais famoso, com certeza, é o “ChatGPT”²⁹ (Giraffa, 2023; Lyra, 2023), produzido pela empresa OpenIA (Fig. 18). Para ter acesso ao site e suas funcionalidades é necessário ter internet e uma conta logada. As funcionalidades dessa plataforma são diversas, tais como a capacidade de gerar e redigir textos, e-mails e cartas de apresentação, e traduzir idiomas.

Figura 18: Visão geral da interface do ChatGPT na versão 3.5.



Fonte: ChatGPT.

Além de criar listas, gravar código, criar histórias, poemas e letras de música, flashcards e elaborar perguntas e respondê-las, o usuário pode solicitar resultados em um tom, estilo e formato específicos, dando-lhe mais controle sobre o resultado de sua criação.

Outra novidade é a articulação de sua extensão com aplicativos, como o “Excel”, possibilitando o usuário interagir com os dados do documento. Para o professor é possível dar comandos definindo um parâmetro de avaliação e de aprovação, como também para avaliar as frequências.

O site possui duas versões 3.5 gratuita e a 4.0 paga (US\$20 mensal). A versão paga é capaz de interpretar textos e imagens com mais profundidade e precisão e tem uma base de dados atualizada em tempo real. No entanto, o site possui algumas limitações como: a verificação dos fatos serem limitadas, devido ao conhecimento desatualizado da sua base de dados de 2022, na sua versão gratuita.

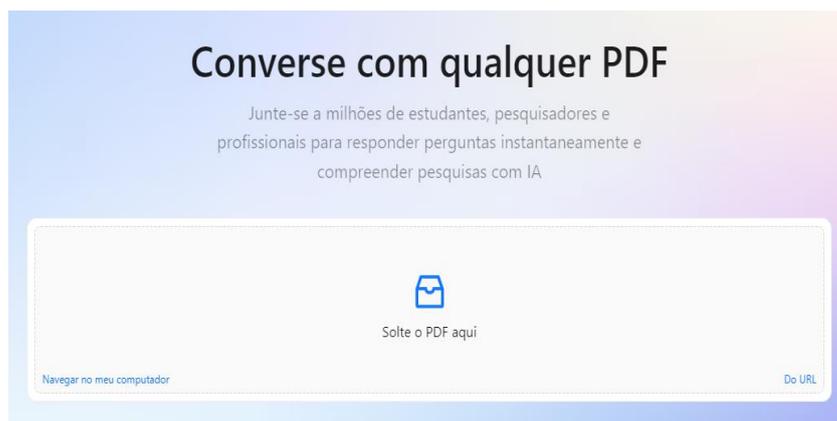
Ademais, as respostas apresentadas pela plataforma dependem da qualidade do comando de entrada, devido a interpretação literal do software. Dessa forma, é preciso realizar

²⁹ChatGPT, produzido pela OpenIA. Disponível: [ChatGPT \(openai.com\)](https://openai.com).

um comando específico. Em 2023, o site anunciou um aplicativo com nova funcionalidade por comando de voz, tornando-o acessível.

Lyra (2023) destaca plataformas que utilizam a tecnologia do “ChatGPT”, como o “ChatPDF”³⁰ (Fig. 19) e “Perplexity.AI”³¹ (Fig. 20). Essas plataformas têm uma funcionalidade diferencial das mencionadas anteriormente, pois conseguem realizar uploads de arquivos e interagir com eles, possibilitando o resumo de PDFs e perguntas sobre os mesmos.

Figura 19: Visão geral da interface do ChatPDF.



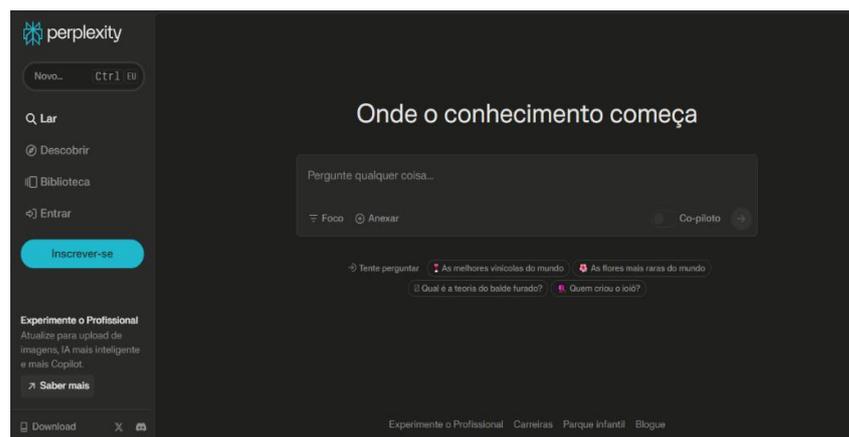
Fonte: ChatPDF.

No entanto, os uploads têm seu carregamento limitados por dia na versão gratuita e ilimitados na versão paga, assim como a limitação do tamanho do documento, o número de páginas e o número de perguntas que pode ser feita sobre o documento diariamente.

³⁰ ChatPDF. Disponível: <https://www.chatpdf.com/c/VSVMVuV4eWJgknaqoRmyV>.

³¹ Perplexity.AI. Disponível: <https://www.perplexity.ai/>.

Figura 20: Visão geral da interface do Perplexity.AI.



Fonte: Perplexity.AI.

Lyra (2023) relata alguns chatbots desenvolvidos a partir da plataforma “Dialogflow”³². Ela é uma ferramenta do Google Cloud, plataforma de computação em nuvem desenvolvida pela Google, para otimizar a conversação dos usuários, sendo capaz de imitar a linguagem humana, traduzindo-a através de dados e algoritmos. Pode ser utilizada na elaboração de diversos chatbots e assistentes virtuais baseados em nuvem, incluindo na área educacional, com o intuito de tirar dúvidas e fornecer informações para os alunos. No entanto, é necessário acesso à internet e ter conta no site para acessar as funcionalidades.

Os usuários podem criar chatbots com interfaces criativas e interativas com essa plataforma e fornecerem informações prévias. Adicionalmente, a ferramenta articula-se com diversas plataformas de mensagens, como “Facebook”³³, “Messenger”³⁴ e “Telegram”³⁵ (Lyra, 2023).

A plataforma pode identificar erro ortográfico, idiomas diferentes e a linguagem coloquial, abrangendo a sua capacidade de interpretação, fornecendo as informações em texto ou áudio, tornando-os mais acessíveis. Entretanto, a versão gratuita (Agent assist) não analisa operações de texto/áudio, somente nas versões pagas (Agent CX e na Agent ES).

O trabalho de Marques (2021) desenvolveu um chatbot denominado “STEAMBot”, a partir do “Dialogflow”, com o intuito de contribuir com o Ensino de Ciências nos anos finais do Ensino Fundamental, que pode ser utilizado por alunos e professores. Ele pode ser integrado com outras plataformas como o “Youtube” e pode ser utilizado tanto em propostas didáticas metodológicas, quanto em projetos de pesquisa.

³² Dialogflow. Disponível: <https://cloud.google.com/dialogflow?hl=pt-BR> .

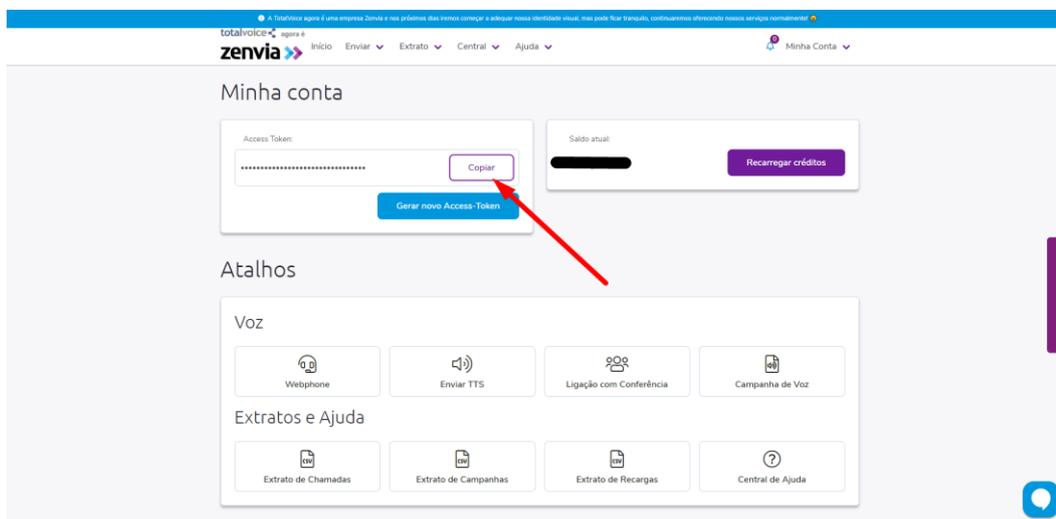
³³ Facebook Meta. Disponível: <https://about.meta.com/br/technologies/facebook-app/>.

³⁴ Messenger. Meta. Disponível: https://www.messenger.com/?locale=pt_BR .

³⁵ Telegram. Disponível: <https://web.telegram.org/a/> .

Outra plataforma de elaboração de chatbot é a “Zenvia”³⁶, mencionada por Neves (2020). Para a utilização dos recursos é necessário ter acesso à internet e estar logado na conta do site. Ela articula-se com outros aplicativos e pode enviar SMS, e-mail, “WhatsApp”, entre outros. Além de enviar TTS, a transcrição da mensagem de texto em áudio (Fig. 21).

Figura 21: Visão geral do total voice.



Fonte: Zenvia.

A plataforma disponibiliza a elaboração de chatbots de forma gratuita, no entanto, há limitações nas funcionalidades, além da limitação quanto a interpretação das perguntas dos usuários. O trabalho de Neves et al., (2020) obteve como um dos produtos finais um chatbot elaborado na plataforma “Zenvia”, denominado “Linnaeus Bot”³⁷, com o objetivo de tirar todas as dúvidas, dos alunos do ensino médio, relacionadas às Relações Ecológicas.

Um chatbot muito comparado com “ChatGPT”, que não foi apresentado nos resultados por não estar contemplado em nenhum dos trabalhos avaliados, é o “Gemini”³⁸. Suas características são muito semelhantes, no entanto, por ser mais recente, essa plataforma possui um banco de dados maior e um nível de linguagem superior, como a interação com imagens e áudios.

Essa plataforma pode realizar ações no smartphone, como sincronizar informações de outros aplicativos do Google, como Agenda e Gmail, possuindo maior interação com usuário e promovendo maior diversidade na usabilidade, de forma totalmente gratuita e acessível

³⁶ Zenvia. Disponível: [Zenvia | Plataforma de Experiência do Cliente](#) .

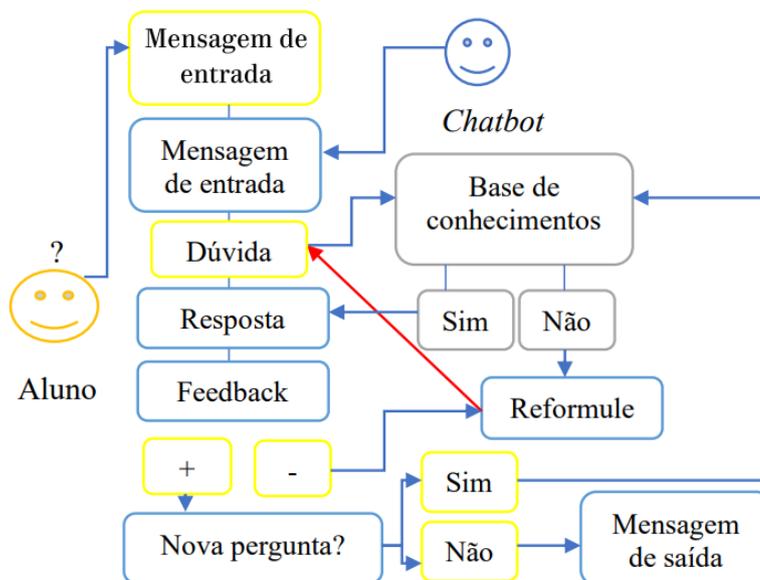
³⁷ Linnaeus Bot. Disponível: <https://chat.zenvia.com/chat/7F2D9F6CFAE46A408AFECDB7738345F5>.

³⁸ Gemini, desenvolvida pela empresa Google. Disponível: <https://gemini.google.com/>.

Essas plataformas utilizam técnicas que possam interagir e compreender a linguagem falada e/ou escrita, como as de Processo da Linguagem Natural (PNL) e reconhecimento de fala, com a finalidade de criar interação com o homem e a máquina de forma natural por meio da conversação.

Essa tecnologia também é utilizada para fazer novas áreas de IA, como o chatbot, ou robô (bot) de bate-papo (chat) (Tab. 5), que utiliza a linguagem natural para compreender e reproduzir o que foi solicitado, com respostas pré-programadas na base de conhecimentos do agente conversacional (Neves et al. 2020) (Fig. 22)

Figura 22: Esquemática do Mecanismo de funcionamento do Chatbot.



Fonte: Neves et al., (2020).

Apesar de apresentar poucas plataformas com reconhecimento de fala, nessa categoria nos trabalhos selecionados, o PNL é comumente encontrado em assistentes virtuais como “Alexa”³⁹ (Amazon), “Siri”⁴⁰ (Apple), “Bixby”⁴¹ (Samsung), que auxiliam em tarefas cotidianas com comando rápidos e simples. E na mais recente assistente virtual da OpenIA “LuzIA”⁴², ela pode ser integrada ao “WhatsApp” e “Telegram”. Além de reconhecer textos, ela converte áudios em textos, tornando o seu uso mais acessível. Como também produz imagens em segundos e fornece conversas interativas com professores-tutores e até mesmo com personalidades de filmes, a partir de comando simples e de forma totalmente gratuita.

³⁹ Alexa. Disponível: <https://alexa.amazon.com/> .

⁴⁰ Siri. Disponível: <https://www.apple.com/br/siri/> .

⁴¹ Bixby. Disponível: <https://www.samsung.com/br/apps/bixby/> .

⁴² LuzIA. Disponível: <https://www.luzia.com/br> .

Assim como os tradutores de idiomas, como o “Google tradutor”⁴³ e umas das funções do “Google Lens”⁴⁴, o uso de todas as plataformas mencionadas anteriormente é totalmente gratuito, intuitivo e mobile (depende do modelo/ marca de smartphone). No entanto, as plataformas já existentes deveriam implementar ações mais acessíveis, possibilitando um acesso inclusivo aos seus usuários.

De acordo com Magalhães (2023), essas novas tecnologias de computação cognitiva têm se popularizado e recebido investimentos de escolas para conciliar conhecimento acadêmico com a tecnologia, podendo ser utilizadas em universidades, no treinamento corporativo ou até mesmo em escolas privadas e públicas. Diante disso, os professores podem utilizar essas ferramentas no seu cotidiano como suas assistentes, para a realização de tarefas a partir de comando simples, seja por voz ou chat, contribuindo significativamente na sua gestão de tempo (Giraffa, 2023).

O uso do chatbot pode ser utilizado de diversas maneiras por diferentes comandos. Os professores podem utilizar como assistente, pedindo de forma natural (escrita ou oral) materiais referentes às suas aulas, no planejamento didático e na elaboração de roteiros para aulas práticas e em eventuais necessidades com a organização, o planejamento, tempo e monitoramento. Os alunos também podem utilizar esse ambiente para tirar dúvidas ou estudar de forma complementar de forma responsável. Vale ressaltar que os chatbots são plataformas de suporte e não devem ser usados como única fonte de informação.

7.5 Predição e recomendação (PR)

Foram identificadas seis plataformas que utilizam predição e recomendação (PR) (Tab. 6). Todas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet. Quanto a usabilidade, essas plataformas fornecem um banco de dados com diversos recursos visuais/ audiovisuais, como fotos, vídeos e até cursos à distância com certificados. Dentre as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso restrito à internet.

Quanto à acessibilidade digital, a maioria das plataformas oferecem o texto alternativo e legendas nos vídeos. Ademais, a maioria das plataformas são gratuitas e somente uma é privada e possui custo elevado (US\$ 399/ano), fator que deve ser considerado ao investir.

⁴³ Google tradutor. Disponível: <https://translate.google.com.br/?hl=pt-BR>.

⁴⁴ Google Lens. Disponível: <https://lens.google/intl/pt-BR/#shopping>.

Nessa categoria, as plataformas têm como objetivo prever o desenvolvimento e as necessidades dos usuários, assim como recomendar materiais (Tab. 6), além dos recursos mais adequados a cada usuário, por meio do seu banco de dados (Giraffa, 2023). Dessa forma, ao produzir conteúdo de cunho científico, a tendência é que esses usuários recebam recomendações frequentes desse tipo de conteúdo.

Quadro 5: Plataformas que utilizam modelos de predição e recomendação (PR) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).

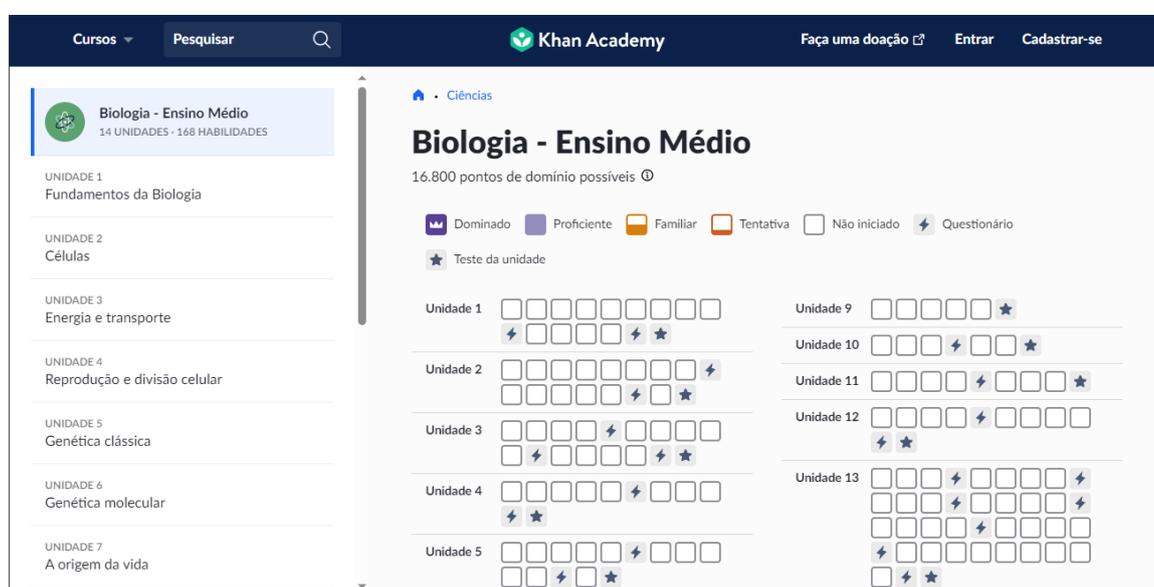
Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
Coursera	* Acesso à internet	Cursos e vídeos	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Legendas nos vídeos	Parcial
Facebook	* Acesso à internet	Divulgação científica, desenvolvimento cognitivo e criativo	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Texto Alternativo Automático	Total
Instagram	* Acesso à internet	Divulgação científica, desenvolvimento cognitivo e criativo	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Textos alternativos	Total
Khan academy	* Acesso à internet	Cursos e vídeos	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Transcrições e legendas Diminuição de movimento	Total
TikTok	* Acesso à internet	Divulgação científica, desenvolvimento cognitivo e criativo	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Vídeos com legenda	Total
YouTube	* Acesso à internet	Divulgação científica, desenvolvimento cognitivo e criativo	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Legendas automáticas	Total

Fonte: Autora.

Os trabalhos de Arrais e Oliveira (2019) e Giraffa (2023) destacam duas plataformas que utilizam a técnica de predição e recomendação, “Coursera”⁴⁵ e “Khan Academy”⁴⁶ (Tab. 6). Ambas são plataformas de ensino online que, para ter acesso às funcionalidades, é necessário ter internet e está logado na conta. Elas possuem um vasto banco de dados e utilizam essa técnica para recomendar diversos cursos e materiais referentes aos interesses expressados e/ou desempenho em atividades anteriores, com intuito de fortalecer os pontos fracos de aprendizagem. O interessante é que ambos podem ser utilizados tanto por alunos quanto por professores, para a qualificação profissional continuada.

O “Khan Academy” tem maior foco na rede básica de ensino, com cursos do fundamental até o ensino médio (Fig. 23), articulando-se com outras plataformas como o “Google Classroom” (Tab. 2).

Figura 23: Visão geral do curso de biologia do Ensino Médio, no Khan Academy.



Fonte: Khan Academy

Na plataforma “Cousera”, todos os vídeos possuem legendas ocultas, podendo ser acessadas a qualquer momento, no entanto, apesar de fornecer alguns cursos gratuitos, ele é uma plataforma paga mensalmente (US\$ 59/mês) ou anualmente (US\$ 399/ano), disponibilizando apenas 7 dias de teste grátis.

O “Khan Academy” desenvolveu sua própria ferramenta para checar a acessibilidade digital para alunos com visão limitada ou daltônicos, além de fornecer transcrições e legendas

⁴⁵ Coursera. Disponível: <https://www.coursera.org/>.

⁴⁶ Khan academy. Disponível: <https://pt.khanacademy.org/>.

dos vídeos que são disponibilizadas pouco tempo após serem publicados. Ademais, possuem uma ferramenta de diminuição de movimento, para alunos com sensibilidade a animações, de forma totalmente gratuita.

As redes sociais (Tab. 6) foram as plataformas frequentemente mencionadas para serem inseridas no ambiente educacional (Leandro, 2020; Figueredo, 2021; Rodrigues et al., 2022; Almeida, 2023; Souza, 2023), em destaque o “Facebook”, “Instagram”⁴⁷, “YouTube”⁴⁸, e o mais novo queridinho pela nova geração “TikTok”⁴⁹, por seus vídeos curtos.

Essas plataformas possuem perfis semelhantes, pois são mobile, precisam de acesso à internet e uma conta para ter acesso às funcionalidades, tais como: criação e edição de vídeos (longos ou curtos) e posts interativos, como também são acessadas diariamente por um número significativo de usuários e de tempo e são totalmente gratuitas. Dessa forma, utilizá-las como aliadas torna-se uma tarefa desafiadora, tendo em vista a alta facilidade de dispersão dos alunos.

Entretanto, se bem planejada pode ser bem sucedida, pois as redes sociais são veículos de informações em massa e possuem um extenso banco de dados com recursos didáticos, como vídeos e posts informativos e, ao produzir conteúdo como vídeos, fotos e publicá-los, contribui significativamente para o desenvolvimento cognitivo e criativo dos alunos, além da divulgação científica ampliada a nível global, dependendo do algoritmo.

O trabalho de Souza (2017) traz contribuições relevantes para a utilização de redes sociais no Ensino de Ciências e Biologia, tais como a formação de grupos de debates virtuais, de acordo com a temática, no “WhatsApp”, criar um perfil para publicações de imagens relacionadas com os assuntos ministrados no “Facebook” e “Instagram” e a busca e indicação por conteúdos em canais do “Youtube” direcionados ao Ensino de Ciências e Biologia confiáveis, como os canais de Biologia Total⁵⁰ e BioExplica⁵¹.

Dessa forma, essas plataformas podem ser usadas para o consumo e ou/ produção de conteúdo, ou seja, o professor pode utilizar os recursos já disponibilizados para compor sua aula de forma síncrona ou assíncrona, ou produzir materiais didáticos e científicos sozinho ou em conjunto com os alunos, contribuindo na interação afetiva entre eles e publicando-os nessas plataformas, com o intuito de promover a divulgação científica.

⁴⁷ Instagram Meta. Disponível: <https://about.meta.com/br/technologies/instagram/>.

⁴⁸ YouTube. Disponível: <https://www.youtube.com/>.

⁴⁹ TikTok. Disponível: <https://www.tiktok.com/login>.

⁵⁰ Canal Biologia Total. Disponível: <https://www.youtube.com/@paulojubilut>.

⁵¹ Canal Bio Explica. Disponível: <https://www.youtube.com/@bioexplica>.

7.6 Sistemas Tutores Inteligentes (STI)

Foram identificadas duas plataformas que utilizam STI (Tab. 7). Ambas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet. Quanto a usabilidade, podem ser utilizadas para criar salas de aulas virtuais, quanto para monitorar desenvolvimento, além de receber feedbacks, possibilitando uma abordagem individualizada, com foco nas necessidades dos conteúdos do aluno

Dentre as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso somente uma conta registrada e com acesso à internet. Quanto à acessibilidade digital, não foram identificadas nenhuma ferramenta que auxilie as pessoas com deficiência (PCDs) virtualmente. Ademais, ambas plataformas são totalmente gratuitas.

Quadro 6: Plataformas que utilizam Sistemas Tutores Inteligentes (STI) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).

Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
MAZK	* Acesso à internet	Adicionar, editar e organizar conteúdos Criar salas de aulas virtuais com assuntos específicos. Monitorar desenvolvimento Receber feedbacks.	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Não identificado	Total
Enem na rede	Acesso à internet, conta no site	Gerar testes com questões no padrão Enem; Avaliar os erros/acertos dos testes Montar um plano de estudos individualizado com as necessidades dos conteúdos do aluno	Necessário ter conta e acesso somente com internet	Não identificado	Total

Fonte: Autora.

O trabalho de Medeiros (2021) traz a plataforma “MAZK”⁵² (Tab. 7) com o objetivo de proporcionar ensino e aprendizagem de forma adaptativa e colaborativa. O sistema é muito intuitivo com área para administrador, professor e aluno, com diferentes permissões de acesso, conforme cada categoria. Para acessar as funcionalidades é necessário ter acesso a internet e estar logado à conta com a categoria designada (Fig. 24A). Ao atenderem esses requisitos os alunos e os professores podem acessar os conteúdos.

Cada aluno inicia no sistema com 400 pontos e conforme sua performance pode ganhar ou perder pontos ao responder as tarefas e questionários disponibilizados pelos docentes, além da capacidade do monitoramento a partir de dados e índices estatísticos do desempenho de cada aluno fornecidos pela plataforma. Para se cadastrar os professores precisam fornecer algumas informações adicionais que comprovem sua formação docente, como fornecer o Link do currículo Lattes e fazer upload de um arquivo como o certificado de formação (Fig. 24B).

Figura 24: Páginas de registro (A) e cadastro de usuário na categoria professor (B).

A imagem mostra duas telas da interface do sistema MAZK. A tela A (à esquerda) é a página de login, com o logotipo MAZK e um ícone de rosto sorridente. Abaixo do logotipo, há um botão 'ENTRAR'. O formulário de login contém campos para 'E-mail' e 'Senha', um botão 'Entrar', e links para 'Registrar-se' e 'Esqueceu sua senha?'. A tela B (à direita) é a página de cadastro para professores. Ela contém campos para 'Nome Completo', 'CPF', 'Data de Nascimento', 'E-mail', 'Senha' e 'Confirmação de Senha'. Abaixo desses campos, há um menu suspenso com a opção 'Professor' selecionada. O formulário também possui um campo 'Breve currículo', um campo para 'Link para currículo Lattes' e uma seção para upload de arquivos com o texto 'Por favor, faça upload de um arquivo que comprove sua docência.' e o botão 'Escolher arquivo'. Na base da tela B, há um botão 'Salvar' e o texto 'Nenhum arquivo escolhido'.

Fonte: MAZK.

Ao estarem logados, os professores podem adicionar, editar e organizar conteúdos, criar salas de aulas virtuais com assuntos específicos, elaborar questões com pesos e dificuldades diferentes, além de monitorar o desenvolvimento dos alunos, identificando os pontos fracos e fortes. Oferecendo um suporte educacional personalizado e simulando interações tutor-aluno.

⁵² O MAZK é desenvolvido pela equipe do Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC) da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. Disponível: <https://mazk.labtec.ufsc.br/>.

Essa plataforma traz muita versatilidade, pois funciona em computadores e também em dispositivos móveis (tablets e celulares), de forma gratuita. O site também fornece manuais para professores e alunos.

O trabalho de Mazon et al. (2022) utilizou o “MAZK” para a realização dos quatro módulos do curso, intitulado “Realidade Aumentada facilitando o Ensino de Ciências” (RAFEC). O curso teve como objetivo capacitar professores de Ciências e Biologia, tanto do ensino fundamental, quanto do ensino médio, das escolas públicas, para a eficaz utilização da RA como recurso complementar ao ensino dos conteúdos. As plataformas "RA Repository" e "Zappar" foram exploradas no curso e tiveram menção no texto (Quadro 3), ressaltando a interação com as outras categorias.

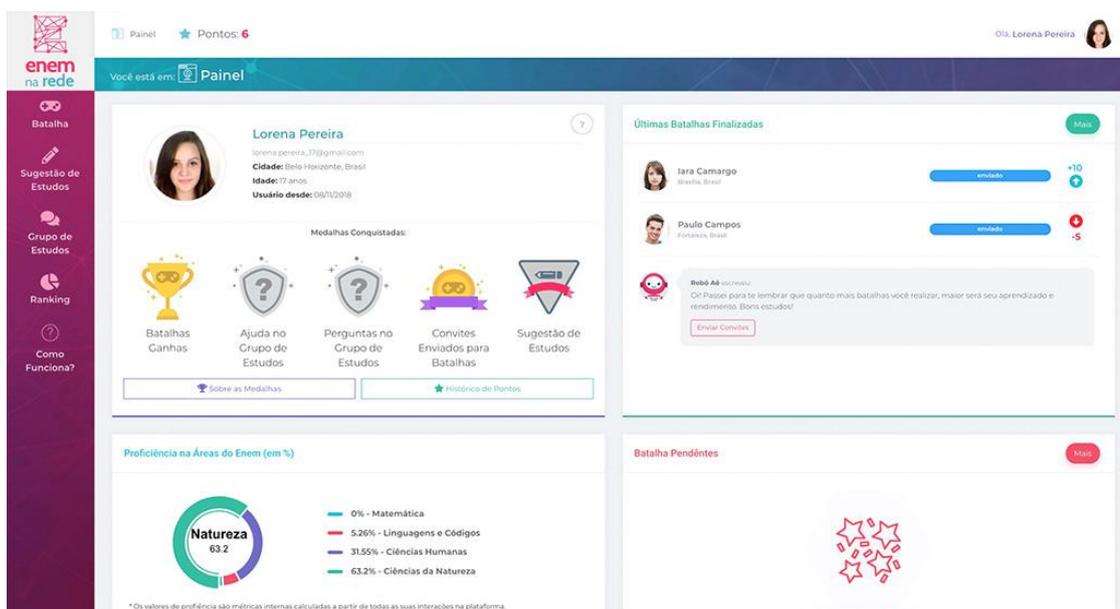
Arrais e Oliveira (2019), ressaltam a utilização de um STI com a plataforma “Enem na Rede”⁵³ (Tab.7). Ela contém duas interfaces para as duas categorias disponíveis (professor e aluno), sendo necessário ter acesso a internet e estar logado na sua categoria indicada para iniciar o acesso as funcionalidades.

A plataforma possui a capacidade de gerar testes com questões no padrão Enem, tendo como base um banco de dados de 38 mil questões de domínio público, avaliar os erros/acertos dos testes e medir proficiência e deficiências do conteúdo dos alunos. Dessa forma, o professor poderá utilizar o banco de dados e buscar por temáticas de Biologia e trabalha-las em sala de aula.

Diane disso, a plataforma elabora um plano de estudo individualizado, considerando as necessidades dos alunos, disponibilizando relatório e feedbacks (Fig. 25). Adicionalmente, a coordenação pedagógica e professores podem acessar os relatórios de proficiência e deficiência dos conteúdos dos alunos e das turmas.

⁵³ Enem na Rede. Disponível: <https://enemnarede.com.br/>.

Figura 25: Visão geral do painel na área aluno.



Fonte: Enem na Rede.

A plataforma oferece conteúdos de repositórios externos para que o aluno utilize como apoio no processo de estudo, articulando-se com outras plataformas por meio da mineração de dados, como o grupo de estudos no “Facebook” e vídeos públicos nas plataformas “Google” e “Youtube”. Os serviços disponibilizados são gratuitos.

Outra plataforma interessante que não foi mencionada nos resultados é o “Tutorshop”⁵⁴, ele gerencia STIs. Assim como as demais mencionadas anteriormente, ela tem duas interfaces de acesso, para o aluno e para o professor. Para ter acesso às funcionalidades é necessário ter internet e estar logada na conta designada.

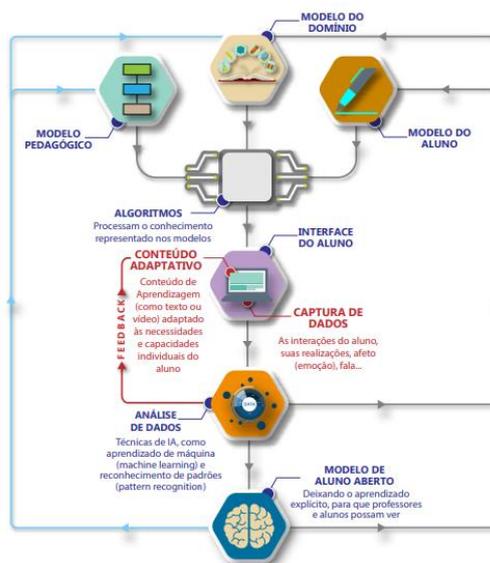
Esta plataforma gera uma planilha de resultados com os desempenhos dos usuários, contendo as perguntas respondidas, as que foram necessárias dicas, as incorretas e o tempo médio gasto para resolução do conjunto de atividades. Estas informações podem ser utilizadas pelos professores para acompanhar o aluno no processo de aprendizagem. Todos os serviços disponibilizados são gratuitos.

De acordo com o Centro de Inovação para a Educação Brasileira CIEB- (2019), o STI propõe um ensino adaptado e personalizado para diversos níveis de aprendizagem, de modo individualizado, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, além da

⁵⁴ Tutorshop. Disponível: <https://school.tutorshop.andrew.cmu.edu/>.

possibilitar aos docentes modelarem, acompanharem e estimularem o desenvolvimento do processo de aprendizagem dos estudantes (Silva, 2006; CIEB, 2019). Dessa forma, aumenta a capacidade de atendimento dos alunos e monitoramento dos seus desempenhos (Damasceno, et al., 2020). Na figura 26, ilustra-se a arquitetura de um STI.

Figura 26: Arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente.



Fonte: CIEB (2019), adaptado de Luckin et al., (2016).

O STI facilita a configuração do contexto educacional, pois enfatizam uma abordagem tendo como foco o aluno, tornando-o protagonista da sua jornada de aprendizagem, pois assume um papel proativo e participativo, potencializando a assimilação do conteúdo e consequentemente na sua autonomia e individualidade (Lyra, 2023).

No entanto, a elaboração de software como o STI é complexa, sendo necessário uma equipe que auxilie na etapa do projeto e desenvolvimento do amplo conjunto de tarefas a serem executadas, devendo ser cuidadosamente observadas para garantir a sua funcionalidade conforme a técnica e pedagogia adequadas (Schuck e Giraffa, 2001).

Dessa forma, os docentes podem utilizar essas plataformas para criar um ambiente de aprendizagem de forma assíncrona e complementar, utilizando-as como um assistente. Elas podem ser utilizadas para disciplinas de ciências e biologia, integrando todos os assuntos, devido a capacidade de personalização das plataformas. No entanto, o “Enem na Rede” tem foco no ensino médio e pode ser utilizado na preparação dos alunos para o Enem.

7.7 Aprendizado adaptativo (AA)

Foram identificadas duas plataformas que utilizam AA (Tab.8). Ambas as plataformas necessitam de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.) que tenha acesso à internet.

Quanto a usabilidade, as plataformas oferecem a possibilidade dos professores criarem e disponibilizarem cursos, acompanhar o desenvolvimento, além de receber feedbacks dos alunos.

Dentre as plataformas utilizadas, a maior limitação é o acesso restrito à internet e por ser em inglês. No entanto, pode ser traduzido facilmente por outras plataformas que traduzem. Além disso, ambas são de rede privada e o custo é elevado, variando entre US\$ 44,95 e. Diante disso, não foi possível identificar a acessibilidade digital.

Quadro 7: Plataformas que utilizam o aprendizado adaptativo (AA) identificadas nos trabalhos avaliados. *A plataforma necessita de um aparelho (notebook, tablet, celular, etc.).

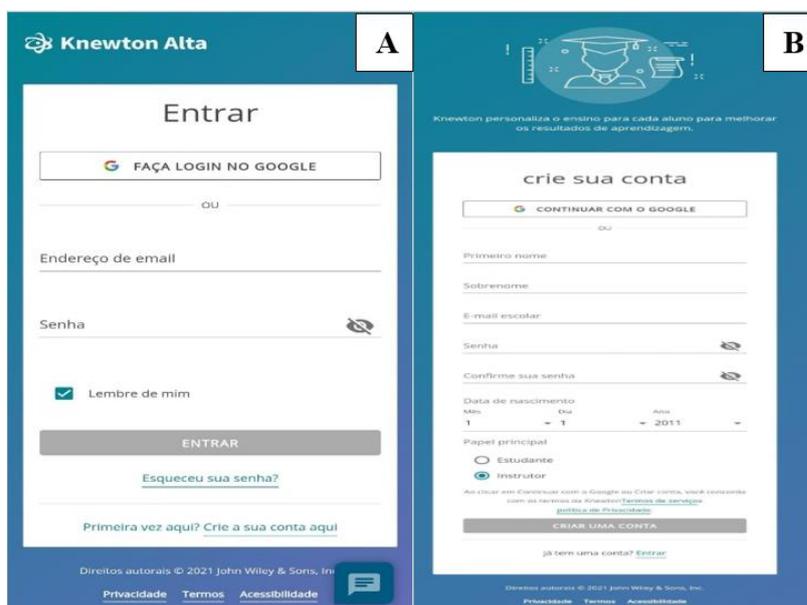
Nome	Recursos necessários	Usabilidade	Limitações	Acessibilidade digital	Gratuidade
Knewton	* Acesso à internet	Disponibilizar e criar cursos. Acompanhar desenvolvimento	Custo elevado Acesso restrito à internet Necessário ter conta. Site em inglês.	Não identificado	Nula
Smart Sparrow	* Acesso à internet	Monitorar desenvolvimento Receber feedbacks	Custo elevado Acesso restrito à internet Necessário ter conta. Site em inglês	Não identificado	Nula

Fonte: Autora.

O trabalho de Giraffa (2023), ressalta duas plataformas de aprendizagem adaptativa “Knewton”⁵⁵ e “Smart Sparrow”⁵⁶ (Tab. 8), que tem como objetivo criar ambientes de aprendizado adaptativo. A plataforma “Knewton” utiliza o Alta, tecnologia que combina aprendizagem adaptativa com conteúdo de qualidade, provendo textos, vídeos e avaliações, sem precisar realizar uma busca externa, com foco no ensino fundamental e médio (Giraffa, 2023).

Ela possui área de acesso distinta para cada categoria, professor (instrutor) e aluno. Ao acessar a plataforma (Fig. 27 A e B) é disponibilizado ao professor um catálogo abrangente que engloba todos os cursos, distribuídos em nove sessões, incluindo biologia. Além disso, há a possibilidade de editar os cursos predefinidos pela plataforma e criar cursos personalizados, selecionando objetivos de aprendizagem e os conteúdos necessários para atingi-los.

Figura 27: Páginas de registro (A) e cadastro de usuário na categoria instrutor (B).



Fonte: Site Knewton.

Adicionalmente, o professor tem a capacidade de acompanhar o progresso dos alunos. Isso inclui análises detalhadas do tempo dedicado à plataforma, número de lições concluídas, atividades realizadas e aquelas que estão em andamento. Essas informações são apresentadas de maneira visual através de gráficos, fornecendo uma representação clara do entendimento de cada aluno e do seu desenvolvimento ao longo da utilização da plataforma.

⁵⁵ Knewton. Disponível: <https://www.wiley.com/en-us/education/alta> .

⁵⁶ Smart Sparrow ferramenta de autoria WYSIWYG. Disponível em: <https://www.smartsparrow.com/> .

Ao ter acesso, os alunos entrarão nos seus respectivos cursos e, ao responderem as atividades propostas, a plataforma irá identificar seu nível de compressão prévia. Caso haja dúvidas para responder, será disponibilizada instruções com o intuito de auxiliar a sua resolução, caso seja solicitado. No entanto, essa plataforma possui algumas limitações por ser totalmente em inglês, com custo US\$ 44,95, para o curso de biologia.

A plataforma “Smart Sparrow” personaliza a instrução em disciplinas STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática). Ela é destinada para o ensino médio e o ensino superior, com o objetivo de criar ambiente de aprendizagem adaptativa que se adequem as necessidades únicas de cada estudante, ajudando a identificar e otimizar os pontos fortes e mitigar seus pontos fracos, sugerindo materiais e revisões, garantindo um nível de complexidade adequada e fornecendo feedback (Fig. 28). Além da possibilidade de criar seu próprio curso totalmente personalizado (Giraffa 2023; Lyra, 2023).

Figura 28:Tela com feedback de erro.



Fonte: Junior (2018).

Ela é uma ferramenta de criação intuitiva, o que facilita essa ambientação. O software modifica o material didático conforme o progresso do processo de aprendizagem e mediante à cada necessidade dos alunos, como também fornece monitoramento em tempo real, além da diversidade de componentes interativos como simulações e jogos disponíveis.

Dessa forma, essa plataforma oferece adaptabilidade, interatividade e gamificação com o intuito de atender a diversidade das formas de aprendizagem, além de ser mobile. Entretanto, apresenta algumas limitações como a linguagem que é totalmente em inglês e para utilizar essa ferramenta é necessário pagar assinaturas mensais de US\$12 a US\$15, por aprendizado.

As plataformas de aprendizado adaptativo (Tab. 8) tem como objetivo criar ambientes virtuais que se ajustem automaticamente às características e preferências individuais do estudante, tornando-se semelhante ao STI. No entanto, o STI possui sistematização específica para oferecer tutoria inteligente, simulando a relação tutor-aluno, enquanto a sistematização do aprendizado adaptativo é mais ampla, visando personalizar todo o processo de aprendizagem (Giraffa, 2023).

Dessa forma, os docentes podem utilizar ambas plataformas para usufruir das diversas funcionalidades oferecidas, como a personalização, o monitoramento e o feedback disponibilizados pelas plataformas. Funções importantes para que os professores possam identificar os pontos fracos apresentados pela turma. Assim como a STI, essas plataformas também podem criar ambientes personalizáveis e utilizá-los em todas as séries e em todos as temáticas de Ciências e Biologia. Entretanto, é necessário que seja feito um investimento, pagando a assinatura, fator relevante a ser considerado.

Em síntese, são evidentes as contribuições que a IAED traz para o ensino, especialmente em disciplinas como ciências e biologia. Considerando a complexidade dos temas abordados nessas áreas, é essencial utilizar recursos digitais que transformam conceitos abstratos e complexos em experiências mais tangíveis e significativas para os alunos. Essa abordagem pode ser alcançada por meio de simulações, imagens de realidade aumentada e jogos, proporcionando uma metodologia prática e envolvente no processo de aprendizagem.

Conforme enfatizado por Diaz, Moro e Carrión (2015), a experimentação dessas tecnologias e a implementação de um eixo metodológico interdisciplinar eficaz são fundamentais para garantir níveis adequados de aprendizagem. Em consonância com sua previsão, em um futuro próximo, a aprendizagem será delineada em torno dos eixos de mobilidade, interação, inteligência artificial e recursos de base tecnológica.

Wang et al., (2022) relata que as aplicações da IAED podem promover a aprendizagem colaborativa e ajudar os alunos a resolver problemas complexos em equipe e melhorar as habilidades de pensamento crítico.

Dessa forma, as plataformas podem funcionar como suporte para gerenciar o tempo, planejar as atividades e lidar com questões mais burocráticas, além de monitorar o progresso

de aprendizagem individual dos alunos. Isso permite que os educadores se concentrem nos pontos fracos e fortes identificados, contribuindo para o planejamento adequado das aulas.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, a inserção da IAED no cotidiano escolar pode contribuir significativamente na promoção da educação inclusiva, pois possibilita o acompanhamento personalizado e adaptado para atender diversos tipos de aprendizagem, além de fornecer recursos que promovem acessibilidade digital.

Conclui-se que o potencial da IAED é promissor, destacando-se pela sua versatilidade e interatividade. Essas características assumem uma importância ainda maior no contexto do ensino de ciências e biologia, disciplinas frequentemente associadas a conteúdos abstratos e complexos.

Diante desse cenário, os docentes podem utilizar efetivamente essas plataformas para facilitar a compreensão de diversos conceitos, recorrendo a recursos visuais avançados como imagens RA criadas com o auxílio da plataforma “Vuforia”, complementadas por jogos educativos desenvolvidos pela plataforma “Unity” e quizzes interativos elaborados através do “Educaplay”. Os produtos oriundos de cada ferramenta, podem ser distribuídos via “Google Classroom” ou “MAZK”, facilitando a organização do conteúdo didático e promovendo uma integração eficaz entre as plataformas.

A integração entre essas e outras plataformas proporcionam uma variedade de funcionalidades, enriquecendo a experiência de aprendizado e promovendo uma maior interação dos alunos com o conteúdo apresentado, além de ampliar as formas de aprendizagem. Todavia, é crucial que essa implementação seja conduzida de forma consciente e planejada, transformando potenciais distrações em valiosos recursos pedagógicos. Isso não só favorece a dinâmica de ensino e aprendizagem, mas também otimiza a gestão de tempo e recursos pelos educadores. A utilização dessas plataformas torna o aluno mais participativo, motivado e autônomo da sua aprendizagem.

No entanto, algumas plataformas possuem valores elevados para serem executados ou recursos limitados nas versões gratuitas, fato que deve ser ponderado, especialmente em escolas da rede pública.

Diante disso, almeja-se com este trabalho incentivar a reflexão acerca de recursos inovadores e na utilização efetiva da tecnologia a favor da educação e não substituta do docente, além de facilitar a busca do perfil e necessidades do professor, em relação ao uso da IAED.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Janderson Jason Barbosa. **Inteligência Artificial E Tecnologias Digitais Na Educação: Oportunidades E Desafios**. Open Minds International Journal, v. 4, n. 2, p. 183-188, 2023.
- AHADI, Alireza; SINGH, Abhay; BOWER, Matt e GARRETT, Michael. **Text mining in education—A bibliometrics-based systematic review**. Education Sciences, v. 12, n. 3, p. 210, 2022.
- ALAM, Ashraf. **A digital game-based learning approach for effective curriculum transaction for teaching-learning of artificial intelligence and machine learning**. In: 2022 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS). IEEE, p. 69-74, 2022.
- ALMEIDA, Gabryela Areque de et al. **Ciências e as plataformas digitais: um instrumento educacional no ensino de biologia e química**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2023.
- AMARAL, Ricardo Ribeiro do. **Preserve: um estudo sobre jogos digitais na educação básica no contexto do ensino de Física**. Tese. 2019.
- AOUN, J. E. **Robot-proof higher education in the age of artificial intelligence**. Cambridge, MA: MIT Press: 2017.
- ARRAIS, Marcos; OLIVEIRA, Jonice. **Aprendizagem colaborativa mediada por tecnologia-um estudo de caso da plataforma aberta " Enem na Rede"**. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2019.
- ARRUDA, Eucídio Pimenta; SANTOS, Bergston Luan. **Dimensões da inteligência artificial no contexto da educação contemporânea**. Educação Unisinos, v. 23. n. 4. p. 726-741, 2019.
- BASTOS, Rodrigo. **Museu do Amanhã completa 2 anos e ganha assistente digital IRIS+** - Diário do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://diariodorio.com/museu-do-amanha-completa-2-anos-e-ganha-assistente-digital-iris/>>. Acesso em: 23 jan. 2024.
- BERGAMASCHI, Marcelo Pereira et al. **O Ensino Básico com o apoio das ferramentas Vuforia e Unity para incentivar os estudos e melhorar o aprendizado**. Revista de Informática Aplicada, v. 15, n. 1, 2019.
- BRAGA, Ana Vitória et al. **Inteligência Artificial na Medicina**. 15ª Amostra de Saúde. XI Encontro Científico. Anápolis: UniEVANGÉLICA, 2018.

BRASIL, I.N. **Decreto Nº 10.502, de 30 de setembro de 2020** - DOU - Imprensa Nacional. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.502-de-30-de-setembro-de-2020-280529948>>.

BRASIL, MEC. “**BNCC- Base Nacional Comum Curricular**”. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 02 set. 2023.

BRASIL, MEC. “**Temas Contemporâneos Transversais na BNCC**”. Brasília/DF. 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em 02 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Política Nacional de Educação Especial na perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducespecial.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria nº 343, de 17 de março de 2020.

BRASIL, Lei 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/110098.htm. Acesso em: 20 set. 2023.

CAMADA, Marcos Yuzuru; DURÃES, Gilvan Martins. **Ensino da Inteligência Artificial na Educação Básica: um novo horizonte para as pesquisas brasileiras**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 31, 2020, Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p.1553-1562, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.1553>.

CARDOSO, A., MACKENZIE, I. F., KIRNER, C., e TORI, R. **Development of educational resources with virtual and augmented reality: Challenges and perspectives**. In 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI) (pp. 1-6). IEEE. 2017.

CIEB NOTAS TÉCNICAS #16 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO. [s.l: s.n.]. 2019. Disponível em: <https://cieb.net.br/wpcontent/uploads/2019/11/CIEB_Nota_Tecnica16_nov_2019_digital.pdf>. Acesso em 02 set. 2023.

CIMM. “**Inteligência Artificial chega à grade do Ensino Técnico do Brasil**”, Portal Indústria 4.0, 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/19327-inteligencia-artificial-chega-a-grade-do-ensino-tecnico-do-brasil>. Acesso em 02 set. 2023.

CONAE. CONFERÊNCIA NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONAE), 2010, Brasília, DF. Construindo o Sistema Nacional articulado de Educação: o Plano Nacional de Educação, diretrizes e estratégias; **Documento Final**. Brasília, DF: MEC, 2010b. 164p. Disponível em:

http://conae.mec.gov.br/images/stories/pdf/pdf/documentos/documento_final.pdf . Acesso em 03 set. 2023.

COSTA, Maria Magali Borges et al. **Um estudo sobre as contribuições das metodologias ativas e da personalização no ensino de ciências.** 2022.

COSTA, Maurício José Moraes; FEITOSA FILHO, Jarbas Campelo; BOTTENTUIT FILHO, João Batista. **Inteligência Artificial, Blended Learning e Educação à Distância: contribuições da IA na aprendizagem online a distância.** TICs e EaD em Foco. São Luís, v. 5, n. 1, jan./jun. 2019.

COUTINHO, Luciano. **A terceira revolução industrial e tecnológica. As grandes tendências das mudanças.** Economia e sociedade, v. 1, n. 1, p. 72, 1992.

DIAZ, Juan Carlos Torres; MORO, Afonso Infante; CARRIÓN, Pablo Vicente Torres. **Aprendizagem móvel: perspectivas.** RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, Barcelona, v. 12, n. 1, p. 38-49, 2015. Disponível em: <https://rusc.uoc.edu/rusc/ca/index.php/rusc/article/view/v12n1-torres-infantetorres/v12n1-torres-infante-torres-em.html>. Acesso em: 5 fev.2024.

DAMASCENO, Adson R. P et al. **Proceedings Of The 19Th Brazilian Symposium On Human Factors In Computing Systems**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-17, 26 out. 2020. ACM. <http://dx.doi.org/10.1145/3424953.3426640>.

DE ALMEIDA, Elaine Vieira; DOS SANTOS CANTUÁRIA, Laiane Lima; GOULART, Joana Correa. **Os avanços tecnológicos no século XXI: desafios para os professores na sala de aula.** REEDUC-Revista de Estudos em Educação (2675-4681), v. 7, n. 2, p. 296-322, 2021.

DE OLIVEIRA CARVALHO, Renato Souza. **O Estudo de Populações e as Implicações na Educação E Sociedade.** Revista Primeira Evolução, v. 1, n. 26, p. 61-65, 2022.

DE OLIVEIRA FAVACHO, Márcio Valério; DA SILVA LOBATO, Vivian. **Os desafios dos professores na era da Educação 4.0 em meio a pandemia.** p. 14-40, 2021.

DE SOUZA, Claudete. **Inteligência artificial viabiliza reflexo positivo no Ensino Superior durante a pandemia Coronavirus-19: ruptura de paradigmas.** Revista do Curso de Direito, v. 17, n. 17, p. 57-76, 2022.

DIEDRICH, Ramon et al. **Jogos de tabuleiro: uma nova proposta de ensino de biologia e de clubes de ciências.** Dissertação de mestrado. 2019.

DORES, Ariana Regina et al. **Aplicação da IA na educação: proposta de um projeto ou utilização de chatbot como sistema de tutorial aplicado em um ava.** Revista InovaEduc, n. 7, p. 1-16, 2020.

DU BRÉSIL, Gouvernement. **Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais enquanto durar a situação de pandemia do Novo Coronavírus Covid-19** (Portaria no 544, de 16 de junho de 2020). Diário Oficial da União. 2020.

JAEGER, Paul T. Assessing section 508 compliance on federal e-government web sites: A multimethod, user-centered evaluation of accessibility for persons with disabilities. *Government Information Quarterly*, 23(2), 169-190. 2006. Doi:10.1016/j.giq.2006.03.002.

JUNIOR, Silvino. **Desenvolvimento de cursos interativos, adaptativos e gamificados com Smart Sparrow**. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. p. 337. 2018.

KAUFMAN, Dora. **A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?**. São Paulo: Editora das Letras e Cores, 2019.

LEANDRO, Edmaylson Jóia; GEGLIO, Paulo César. **O uso de tecnologia da informação e comunicação (TIC) no ensino de Biologia**. Dissertação de Mestrado. 2020.

LYRA, Max William Alves de; BARBOSA, Vitor Acioly. **Incorporando a Revolução Industrial 4.0 na educação: explorando o impacto transformador das Inteligências Artificiais no ensino—Uma abordagem introdutória às novas ferramentas didáticas**. Universidade Federal Fluminense Instituto De Física Curso De Licenciatura Em Física. 2023. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/30383/Max%20William%20Alves%20de%20Lyra.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 8 fev. 2024.

LUCKIN, Rosemary; HOLMES, Wayne, et al. **Intelligence Unleashed. An argument for AI in Education**. London: Pearson. 2016.

MAGALHÃES, Walker Costa. **O chatbot: inteligência artificial como ferramenta voltado para o processo no ensino de Química**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2023.

MARQUES, Viviane Cristina, AMARAL, Sergio Ferreira do. **Desenvolvimento de um tutor virtual inteligente através da utilização da Inteligência Artificial para contribuir para o ensino de Ciências baseado no movimento STEAM**. Dissertação de Mestrado. 2021.

MAZON, Josete; PASQUINI, Gabriela de Castro; PIMENTEL, Ana Cláudia da Rosa; CAPISTRANO, Vinícius Souza, et al. **CURSO RAFEC - Realidade aumentada facilitando o ensino das ciências: uma nova possibilidade ao professor**. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, v. 3, p. e381797, 2022.

MCELWEE, K. **“From math to meaning: Artificial intelligence blends algorithms and applications”**. Princeton, University, 2019.

MEDEIROS, Josiane dos Santos. **A aceitação tecnológica quanto ao uso do sistema tutor inteligente MAZK pelos docentes da educação básica: um estudo de caso em tempos de pandemia**. Dissertação de Mestrado. 2021.

MENEZES, Eliana da Costa Pereira; Lopes, Maura Corcini. **A maquinaria escolar na produção de subjetividade para uma sociedade inclusiva**. 189 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

MERCADO, Luís Paulo Leopoldo. **Formação docente e novas tecnologias**. In: IV Congresso RIBIE, Brasília. 1999.

MOUSQUER, Tatiana; ROLIM, Carlos Oberdan. **A utilização de dispositivos móveis como ferramenta pedagógica colaborativa na educação infantil**. Anais II Simpósio de Tecnologia da Informação da Região Noroeste do Rio Grande do Sul, 2011.

NEVES, Kiandro de Oliveira Gomes; MAGALHÃES NETTO, José Francisco de et al. **Uma abordagem pedagógica baseada em Vigotski com tecnologias digitais de informação e comunicação para o ensino de Biologia**. Dissertação. 2020.

MÖLLER, Iago Ramon; MÜGGE, Ernani; SCHEMES, Cláudia. **Plataformas digitais de leitura na escola de educação básica**. Revista Conhecimento Online. v. 3. N. 3, pp. 76-91, 2019.

OCDE. **“PISA 2021 Assessment and Analytical Framework”**. 2020. Disponível em: <<http://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2021-assessment-and-analytical-framework.htm>>, acesso em: 01 out. 2023.

OLIVEIRA, Gabriela Pintar de; RODRIGUES, Luiz Antonio Lima e ISOTANI, Seiji. **Desenvolvimento de um sistema tutor inteligente sobre respiração celular associado à história imersiva**. Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso. Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo, 2020.

OLIVEIRA, Cristina Borges de. **Mídia, cultura corporal e inclusão: conteúdos da educação física escolar**. Revista Digital – Buenos Aires. 2004. Disponível em: <http://www.efdeportes.com>. Acesso em 4 dez. 2023.

OLIVO, Cleber; SANTIN, Altair e OLIVEIRA, Luiz Eduardo. **“Abordagens para Detecção de Spam de E-mail”**. Livro-Texto dos minicursos do XV Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais —SB. Florianópolis/SC. 2015. Disponível em: <https://secplab.ppgia.pucpr.br/files/papers/2015-7.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.

ONU. **Declaração Mundial de Educação para Todos**. Conferência de Jomtien, Tailândia. UNICEF, 1990.

_____. **A Declaração de Nova Delhi sobre Educação Para Todos**. Nova Delhi- Índia: UNESCO, 1993. Disponível em: www.unesco.org.br/publica/Doc_Internacionais/declaraNdelhi . Acesso em: 10 set.2023.

_____. **Declaração Mundial de Educação para Todos e Plano de Ação para Satisfazer as Necessidades Básicas de Aprendizagem**. Conferência Mundial sobre Educação para Necessidades Especiais, 1994, Salamanca (Espanha). Genebra: UNESCO, 1994.

_____. **O Marco de Ação de Dakar Educação Para Todos: atendendo nossos Compromissos Coletivos**. Dakar, Senegal: Cúpula Mundial de Educação, 2000. Disponível em: www.unesco.org.br/publicação/docinternacionais/marcoDakar . Acesso em: 10 set..2023.

PASSERINO, Líliliana Maria; SANTOROSA, Lucina e TAROUCO, Liane. **Pessoas com autismo em ambientes digitais de aprendizagem: estudo dos processos de interação social e mediação**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação 2005.

PAULO, Sávio Freitas. **A Terceira Revolução Industrial e a Estagnação da Acumulação Capitalista**. Mundo Livre: Revista Multidisciplinar, 5(2), 54-77, 2020. Recuperado de <https://periodicos.uff.br/mundolivres/article/view/40349>.

PIMENTEL, C. S.; Queiroz, R. L.; Lima, P. M. V.; et al. **“Projeto Frankie: uma proposta para o ensino de Inteligência Artificial na Educação Básica”**. In: XIII Congresso Internacional Informática Educativa (TISE), Nuevas Ideas en Informática Educativa, Brasília, 2018.

PRENSKY, Marc. **Digital Natives, Digital Immigrants**. On the Horizon, Bradford, v. 9, n. 5, p. 2-6, out. 2001.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **“Artificial Intelligence: A Modern Approach”**. Pearson, p. 1136, 2020.

ROCHA, Rosângela Araújo da; OLIVEIRA, Márcia Taborda Corrêa e SIQUEIRA, Andréa Espinola de. **O Museu do Amanhã no ensino da Biologia: uma proposta de guia de visitação**. UERJ, Rio de Janeiro. 2020.

RODRIGUES, Dayane Pires; BARBOSA, Alessandro Tomaz. **Histórias em quadrinhos no ensino de biologia: Dificuldades e possibilidades**. Revista Interdisciplinar em Ensino de Ciências e Matemática, v. 2, n. 1, 2022.

Rodrigues, David António. **O paradigma da educação inclusiva: reflexões sobre uma agenda possível**. *Inclusão*, 1, p. 7-13, 2000.

RODRIGUES, Leonardo Martins; MORAES, Emerson Augusto Príamo e SANTOS, Ricardo Costa Pinto. **Análise preditiva para identificação de alunos suscetíveis à evasão escolar / Análise preditiva para identificação de alunos suscetíveis à evasão escolar**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n.7, p. 71631–71643, 15 jul. 2021.

RONDELLI, Elizabeth. **Quatro passos para a inclusão digital**. Sete Pontos. Htm, 2003.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

SALVADOR, Diego Salomão Candido de Oliveira de; MATIAS, Ellano Jonh da Silva. **O ensino-aprendizagem de geografia no contexto da revolução técnico-científica-informacional: análise sobre as possibilidades do uso do Google Earth Pro**. PerCursos, Florianópolis, v. 23, n. 51, p. 364 - 384, 2022. DOI: 10.5965/1984724623512022364. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/percursos/article/view/20623>. Acesso em: 24 set. 2023.

SANTOS, Aline Coêlho dos; CIPRIANI, Andreza e NICOLETE, Priscila Cadorin. **Aprendizagem por investigação: aplicação de uma sequência didática online no ensino de biologia**. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 321–330, 2023. DOI: 10.22456/1679-1916.134360. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/134360> . Acesso em: 9 jan. 2024.

SANTOS-JÚNIOR, José Laurindo; SANTOS, Lucas Siqueira dos; MEIADO, Marcos Vinícius e SILVA, Elizamar Ciriaco. **Recursos didáticos para o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos botânicos para educação básica no Brasil**. Research, Society and Development, v. 10, n. 13, p. e448101321500-e448101321500, 2021.

SANTORO, Flávia Maria; REVOREDO, Kate Cerqueira e BAIÃO, Fernanda Araujo. **Impacto social das novas tecnologias**. MACIEL, C.; VITERBO, J. Computação e Sociedade: a Sociedade. Cuiabá, MT: Edufmt Digital, p. 12–45, 2020. ISBN: 978-65-5588-047-2. Disponível em: <<https://bit.ly/38UTTIp>>. Acesso em: 29 set. 2023.

SCHLÜNZEN, Elisa Tomoe Moriya. **A tecnologia como inclusão de Pessoas com Necessidades Especiais (PNE)**. In: PELLANDA, N. et al. Inclusão digital: tecendo redes afetivas/cognitivas. Rio de Janeiro: DP&A. pp. 195-210, 2005.

SCHUCK, Pedro Willibaldo e GIRAFFA, Lucia Maria Martins. **Construindo um Sistema Tutor Inteligente para suporte ao ensino de Matemática Financeira: da modelagem à validação**. In: Simpósio Brasileiro De Informática Na Educação, 12., 2001, Brasil. Anais. Santa Cruz: Sbie, p. 48 – 57, 2001.

SEMENSATO, Márcia Rejane.; FRANCELINO, Luciane de Aguiar e MALTA, Luciano dos Santos. **O uso da inteligência artificial na educação a distância**. Revista Cesuca Virtual: conhecimentos sem fronteiras, v. 2, n. 4. 2015.

SILVA, Ana Paula Costa. **Aplicações de sistemas tutores inteligentes na educação a distância: possibilidades e limites**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2006.

SILVA, Edina Guardevi Marques; MORAES, Dirce Aparecida Foletto. **O uso pedagógico das TDIC no processo de ensino e aprendizagem: caminhos, limites e possibilidades**. Ivaiporã (PR): Universidade Estadual de Londrina, 2014.

SILVA, Édila Rosane Alve; GOI, Mara Elisângela Jappe e VARGAS, Jaqueline Pinto **Análise das publicações sobre a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação Básica**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2021.

SILVA, Guilherme Vaz. **Novas práticas utilizando realidade aumentada no ensino de biologia em escolas de ensino fundamental**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2023.

SILVA, Marcos Emanuel de Barro; PIMENTEL, Fernando Silvio Cavalcante. **Realidade aumentada como possibilidade para a aprendizagem de ciências**. Dissertação de mestrado. 2020.

SOUZA, Adriana Romero Alves de e CRISPIM, Maria Cristina Basílio. **Potencial do uso de redes sociais no Ensino de Ciências e Biologia**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2017.

SOUZA, Thomaz Filipe Dantas de e LIMA, Kênio Erithon Cavalcante. **Potencialidades de quatro plataformas digitais como ferramentas de ensino e aprendizagem**. Trabalho de Conclusão de Curso. 2023.

SUNAGA, Alexsandro. **Inteligência Artificial na Educação: Vantagens e Desvantagens**. Revista Eletrônica Inovando a Educação, 2023.

TORI, Romero; KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson (Org.) **Fundamentos da Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Ed. SBC- Sociedade Brasileira de Computação, 2006.

TURBOT, Sébastien. **Inteligência artificial na educação: não ignore, faça bom uso!** Porvir, p. 1-5, set. 2017.

UNESCO, **Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem**. 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252197> . Acesso em: 27 set. 2023.

_____. **CONSENSO DE BEIJING. Conferência Int. sobre Inteligência Artificial e Educação, Planejamento da Educação na Era da IA**. Lead the Leap, Pequim, 2019.

_____. **Declaração de Salamanca e enquadramento da acção na área das necessidades educativas especiais. Inovação**, n. 1, v. 7. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1994.

VALÉRIO, Jackeline Mondini e RIVELINI, Angelica Cristina. **Formação continuada para professores de ciências sobre o uso de jogos digitais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2023.

VALENTE, J. A. **Integração currículo e tecnologia digitais de informação e comunicação: a passagem do currículo da era do lápis e papel para o currículo da era digital**. In: CAVALHEIRI, A.; ENGERROFF, S. N.; SILVA, J. C. (Orgs.). *As novas tecnologias e os desafios para uma educação humanizadora*. Santa Maria: Biblos, 2013.

VALENTE, José Armando. **Inovação nos processos de ensino e de aprendizagem: o papel das tecnologias digitais**. In: Valente, J. A.; Freire, F.-M. -P.; Arantes, F. L., (org.). *Tecnologia e educação: passado, presente e o que está por vir*. Campinas: NIED/Unicamp, p. 17-41, 2018.

VICARI, Rosa Maria. **Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030**. Brasília: SENAI, 2018. Disponível em: https://acervodigital.sistemaindustria.org.br/bitstream/uniepro/259/1/Sumario_tendencia_s_web.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WARSCHAUER, Mark. **Tecnologia e Inclusão Social. A exclusão digital em debate**. São Paulo: Senac, 2006.

WING, Jeannette. M. “**Computational Thinking**”. Communications of the ACM, v.49,3, p. 33-35, 2006.

WANG, L., ZHANG, H., LIU, S. **Inteligência artificial no ensino de biologia no ensino médio: promovendo a aprendizagem colaborativa e habilidades de pensamento crítico**. Revista de Educação Científica e Tecnologia, 31(1),1-17, 2022.

RICHTER. Olaf Zawacki; MARIN, Victoria. I; BOND, Melissa e GOUVERNEUR, Fraziska. **Systematic review of research on Artificial Intelligence applications in fugher education Where are the educators?**. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 16, n. 39, p 2-24, 2019.